



TESIS TM 142501

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH *CROSS FEED* PADA
PROSES GERINDA DATAR TERHADAP GETARAN DAN
KEKASARAN PERMUKAAN PADA MATERIAL *HARDENED*
*TOOL STEEL SKD11***

CHAIRUL ANAM
NRP 2113201006

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr -Ing. Ir. SUHARDJONO, M.Sc.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN REKAYASA DAN SISTEM MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



TESIS – TM 142501

EKSPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF CROSS FEED OF SURFACE GRINDING ON THE VIBRATION AND THE SURFACE ROUGHNESS OF HARDENED TOOL STEEL SKD11

CHAIRUL ANAM
NRP 2113201006

ADVISOR
Prof.Dr-Ing. Ir. SUHARDJONO, M.Sc.

MASTER PROGRAM
FIELD STUDY OF ENGINEERING AND MANUFACTURING SYSTEM
DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:
Chairul Anam
Nrp. 2113201006**

**Tanggal Ujian : 18 Juli 2016
Periode Wisuda : Semester Genap 2015/2016**

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

- 1. Prof. Dr-Ing. Ir. Suhardjono, M.Sc.
NIP. 19620604 198701 1 002**

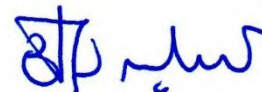

(.....)

Dosen Penguji

- 2. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19510605 197803 1 002**


(.....)

- 3. Ir. Bambang Pramujati, M.Sc.Eng., Ph.D.
NIP. 19691203 199403 1 001**


(.....)

- 4. Prof. Dr-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng. (.....)
NIP. 19581106 198601 1 002**





Direktur Program Pascasarjana,


**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D
NIP. 19601202 198701 1 001**

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH *CROSS FEED* PADA PROSES GERINDA DATAR TERHADAP GETARAN DAN KEKASARAN PERMUKAAN PADA MATERIAL *HARDENED TOOL STEEL SKD11*

Nama Mahasiswa : Chairul Anam
NRP : 2113201006
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Pembimbing : Prof. Dr-Ing. Ir. Suhardjono, M.Sc.

ABSTRAK

Pada mesin gerinda datar terdapat dua proses, yaitu proses pengasaran dan proses penghalusan. Pada proses pengasaran (*roughing*), getaran dapat merusak dan memperpendek umur pahat/mesin. Sedangkan pada proses penghalusan (*finishing*), getaran akan mengurangi ketelitian dimensi, bentuk dan kehalusan permukaan benda kerja.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh *cross feed* terhadap amplitudo getaran dan kekasaran permukaan benda kerja pada proses gerinda datar. Adapaun material yang di gunakan adalah *hardened tool steel* SKD11 dimensi 300 mm x 60 mm x 20 mm, batu gerinda tipe A46QV dan A80LV berbahan *aluminium oxide*. Variabel parameter proses adalah *cross feed* (5,3 mm/langkah, 6,8 mm/langkah, 8,4 mm/langkah, 9,9 mm/langkah, 11,7 mm/langkah) dan kedalaman potong (0,01 mm, 0,02 mm dan 0,03 mm), variabel konstan dengan kecepatan makan (50 mm/s) dan putaran spindel 3000 rpm. Pengukuran getaran menggunakan *accelerometer*, yang diolah dengan program mathCAD dalam bentuk amplitudo dan frekuensi. Kemudian dihitung amplitudo level getarannya berupa *rms* (*root mean square*), *peak*, dan *peak to peak*. Untuk pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *surf test MT-301* dengan 5 titik sampel dan panjang sampel 0,8 mm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar *cross feed* semakin besar amplitudo level getaran dan kekasaran permukaan benda kerja. Besarnya amplitudo getaran pada *acceleration* yang terjadi pada tipe batu gerinda A46QV terendah sebesar 6,7369 g.rms (*gravity.root mean square*) dan tertinggi 18.7525 g.rms, sedangkan pada tipe batu gerinda A80LV terendah sebesar 5.0904 g.rms dan tertinggi 18.2821 g.rms. Kekasaran permukaan benda kerja yang dicapai baik pada tipe batu gerinda A46QV maupun A80LV adalah dari 0,36 μm sampai 1.47 μm . Adapun hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan digambarkan secara linieritas dengan koefisien determinasi sebesar 99%. Kontribusi yang diberikan adalah dapat memprediksi tingkat kekasaran permukaan dengan mengukur level getaran selama proses penggerindaan, tanpa harus melakukan pengukuran kekasaran permukaan.

Kata kunci: gerinda datar, *cross feed*, getaran, kekasaran permukaan

(halaman ini sengaja di kosongkan)

EKSPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF CROSS FEED OF SURFACE GRINDING ON THE VIBRATION AND THE SURFACE ROUGHNESS OF HARDENED TOOL STEEL SKD11

By : Chairul Anam
Student Identity Number : 2113201006
Departement : Mechanical Engineering FTI-ITS
Advisor : Prof. Dr-Ing. Ir. Suhardjono, M.Sc.

ABSTRACT

There are two basic processes that can be performed can on a surface grinding machine, i.e. roughing and finishing processes. Vibration occurs during roughing processes can damage and shorten both tool life and grinding machine. For finishing process, vibration reduce the dimensional accuracy, configuration and surface finish of the workpiece.

This research is conducted to study of the effect cross feed on vibration and the surface roughness of hardened tool steel SKD11 which is machined by surface grinding process. The materials used are dimensions of 300 mm x 60 mm x 20 mm. The dimension of the type A46QV and A80LV Aluminum oxide grinding wheel= Ø 200 mm x 25 mm. The cross feed is varied from (5.3 mm / stroke, 6.8 mm/stroke, 8.4 mm/stroke, 9.9 mm/stroke, 11.7 mm/stroke) and depth of cut (0.01 mm, 0.02 mm and 0.03 mm), The constant machining parameter are set as follows :longitudinal feed 50 mm/s and 3000 rpm spindle rotation. Vibration measurements using an accelerometer, which is be treated with Mathcad program in the form of amplitude and frequency. Then calculated the amplitude of the vibration level in the form of rms (root mean square), peak, and peak to peak. For the measurement of surface roughness using surftest MT-301 with 5 points samples and sample length of 0.8 mm.

The magnitude of the acceleration of vibration amplitude that occurs in type A46QV is 6.7369 g.rms for the lowest value and 18.7525 g.rms for the highest value, while on the type A80LV g.rms is 5.0904 g.rms for the lowest and 18.2821 for the highest value. Surface roughness achieved either on type A46QV and type A80LV is on the 0.36 µm to 1.47 µm. The relationship between vibration and the surface roughness is described by a linieritas with a coefficient of determination of 99%. Based on these results, the contribution is able to predict the surface roughness of the grinded surface by measuring the vibration level during grinding process, without measuring the surface roughness.

Key words: Surface grinding, cross feed, vibration, surface roughness

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan untuk dapat menyelesaikan penyusunan Tesis ini. Tesis dengan judul “Studi Eksperimental Pengaruh *Cross Feed* Pada Proses gerinda Datar Terhadap Getaran Dan Kekasaran Permukaan Pada Material *Hardened Tool Steel* SKD11 ” disusun sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) pada Program Studi Rekayasa dan Sistem Manufaktur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak atas segala bantuan dan dorongan serta dedikasinya yang telah membantu penyusunan Tesis ini hingga selesai. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr-Eng.Ir.Prabowo,MEng. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana FTI - ITS.
2. Bapak Arif Wahyudi, ST.Ph.D. sebagai dosen wali mahasiswa Jurusan Rekayasa dan Sistem Manufaktur.
3. Bapak Prof. Dr-Ing. Ir. Suhardjono, M.Sc. sebagai dosen pembimbing.
4. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D., Bapak Prof. Dr-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng. dan Bapak Ir. Bambang Pramujati, M.Sc.Eng., Ph.D., sebagai dosen penguji seminar tesis.
5. Special kepada ibundaku dan istriku serta anakku yang selalu mendoakan.
6. Teman- teman di Laboratorium Proses Manufaktur Teknik Mesin ITS yang mendalami bidang getaran.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tesis ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi kemajuan ilmu pengetahuan khususnya dibidang rekayasa dan system manufaktur. Amin.

Surabaya, 29 juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Judul penelitian.....	
Lembar pengesahan.....	i
Abstrak indonesia	ii
Abstrak inggis.....	iii
Kata pengantar.....	iv
Daftar isi.....	v
Daftar gambar.....	ix
Daftar tabel.....	x
BAB 1.	
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Perumusan masalah.....	4
1.3. Tujuan penelitian.....	4
1.4. Manfaat penelitian.....	5
1.5. Originalitas dan kontribusi.....	5
1.6. Batasan masalah.....	5
1.7. Asumsi penelitian.....	6
BAB 2.	
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
2.1 Tinjauan pustaka	7
2.2 Dasar teori.....	9
2.2.1 Proses pemesinan abrasif	9
2.2.2 Proses pemesinan gerinda datar.....	9
2.2.3 Mekanisme pembentukan geram.....	11

2.2.4	Batu gerinda.....	11
2.2.5	<i>Balancing</i> dan <i>dressing</i>	14
2.2.6	Kekasaran permukaan benda kerja.....	15
2.2.7	Getaran	21
2.2.7.1	Getaran paksa satu derajat kebebasan (<i>single degree of freedom free</i> <i>.vibration</i>).....	23
2.2.8	<i>Chatter</i>	27
2.2.9	Time dan frekuensi <i>domain</i>	29
2.2.10	Parameter dan klasifikasi pengukuran.....	31

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN.....	33
3.1 Diagram alir penelitian.....	33
3.2 Tahapan-tahapan penelitian.....	34
3.2.1 Studi pustaka dan lapangan.....	34
3.2.2 Identifikasi masalah.....	34
3.2.3 Perumusan masalah.....	35
3.2.4 Rancangan eksperimen.....	35
3.2.5 Persiapan eksperimen.....	35
3.2.6 Pelaksanaan penelitian dan pengambilan data.....	36
3.2.7 Analisa getaran dan kekasaran permukaan.....	36
3.2.8 Validasi hasil penelitian.....	36
3.2.9 Kesimpulan dan saran.....	36
3.3 Variabel penelitian.....	37
3.3.1 Variabel proses.....	37
3.3.2 Variabel konstan.....	37
3.3.3 Variabel respon.....	37
3.4 Bahan, tempat dan peralatan eksperimen.....	37
3.4.1 Bahan eksperimen.....	37
3.4.1 Tempat penelitian.....	38
3.4.2 Peralatan eksperimen.....	39

3.5	Set up eksperimen	42
3.5.1	Skema pemasangan peralatan uji pemotongan.....	42
3.5.2	Prosedur eksperimen uji pemotongan.....	43
3.6	Langkah pengukuran kekasaran permukaan.....	45
3.7	Metode <i>curve fitting</i>	45
3.7	Metode mendapatkan data parameter cross feed.....	46
3.8	Metode pengambilan data.....	49

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisa Hasil Penelitian.....	51
4.2	Analisa Data Amplitudo Getaran Pada Batu Gerinda Tipe A46QV	52
4.3	Analisa Data Amplitudo Getaran Pada Batu Gerinda Tipe A80LV	63
4.4	Analisa Data Pengukuran Kekasaran Permukaan Pada Batu Gerinda Tipe A46QV dan A80LV	69
4.5	Hubungan Amplitudo Getaran dengan Kekasaran Permukaan Secara Kuantitatif.	74
4.6	Hubungan Amplitudo Getaran dengan Kekasaran Permukaan Secara Kualitatif.	76
4.7	Hubungan Antara Amplitudo Dengan Kekasaran Permukaan Sebagai Persamaan Fungsi Prediktif Pada Batu Gerinda Tipe A46QV Dan A80LV	76
4.8	Hubungan Proses Gerinda Dengan Pemodelan Getaran.....	80
4.9	Validasi Hasil Penelitian	82
4.10	Uji konfirmasi kesalahan dalam pengambilan data	86

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran.....	92
Daftar pustaka.....	93
Lampiran.....	
Biografi penulis.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Frekuensi chatter untuk perbedaan kecepatan spindel (rpm) dengan kecepatan makan (mm/s).....	8
Gambar 2.3 Proses gerinda permukaan	10
Gambar 2.4 Tipe aksi butiran abrasif	11
Gambar 2.5 Struktur batu gerinda	14
Gambar 2.6 Bentuk kekasaran dan penggelombangan pada permukaan..	15
Gambar 2.7 Parameter dalam profil permukaan	16
Gambar 2.8 Kekasaran permukaan rata-rata aritmatika	17
Gambar 2.9 Konfigurasi permukaan yang berhubungan dengan kekasaran permukaan	19
Gambar 2.10 Gerakan periodik harmonik atau getaran dalam domain waktu	22
Gambar 2.11 Sistem getaran paksa satu derajat kebebasan... ..	23
Gambar 2.12 <i>Free body diagram SDOF free vibration.</i>	24
Gambar 2.13 Sistem analisis getaran.. ..	25
Gambar 2.14 Grafik komponen real dari suatu fungsi transfer	26
Gambar 2.15 Grafik komponen imajiner dari suatu fungsi transfer	27
Gambar 2.16 Grafik karakteristik penguatan amplitudo getaran satu derajat kebebasan	27
Gambar 2.17 Permukaan benda kerja yang mengalami <i>chatter pada proses surface grinding</i>	28
Gambar 2.18 Diagram dasar <i>chatter</i>	29
Gambar 2.19 Hubungan antara <i>time domain</i> dan frekuensi domain	29
Gambar 2.20 <i>Time domain</i>	30

Gambar 2.21	Frekuensi domain	30
Gambar 2.22	Amplitudo vs frekuensi (<i>FES system</i>)	31
Gambar 2.23	Hubungan <i>peak to peak</i> (pk-pk), <i>peak</i> (pk), <i>root mean square</i> (rms) dan <i>mean</i>	32
Gambar 3.1	Diagram alir metodologi penelitian	33
Gambar 3.2	Diagram alir metodologi penelitian (lanjutan) ..	34
Gambar 3.3	Benda kerja SKD 11.....	37
Gambar 3.4	Mesin gerinda permukaan type KGS818AHD.....	39
Gambar 3.5	<i>Power Supply</i> tipe acc-PS1 omega	40
Gambar 3.6	<i>Analog to digital converter</i> tipe 4262 ...	40
Gambar 3.7	<i>Accelerometer</i>	41
Gambar 3.8	Mitutoyo <i>surftest</i> 301	41
Gambar 3.9	Perangkat komputer	41
Gambar 3.10	Batu gerinda <i>aluminium oxide</i> ..	42
Gambar 3.11	Skema pengukuran uji pemotongan ..	42
Gambar 3.12	Tampilan layar software ADC picoscope	44
Gambar 3.13	Tombol potensio skala cross feed	47
Gambar 3.14	Slaka parameter cross feed berdasarkan trend linanya.....	48
Gambar 3.15	slaka parameter cross feed.....	49
Gambar 4.1	Getaran dalam Domain Waktu	51
Gambar 4.2	Getaran dalam Domain Frekuensi	52
Gambar 4.3	Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada arah sumbu x (rms).....	54
Gambar 4.4	Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada arah sumbu z (rms).....	54

Gambar 4.5 Hubungan <i>cross feed</i> dan kedalaman potong terhadap amplitudo getaran pada sumbu z (rms) secara polynomial.....	55
Gambar 4.6 Grafik respon getaran tipe batu gerinda A46QV di sumbu x (g.rms).....	57
Gambar 4.7 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada sumbu z (g.rms).....	58
Gambar 4.8 Hubungan <i>cross feed</i> dan kedalaman potong terhadap amplitudo getaran pada sumbu x (g.rms) secara polynomial.....	58
Gambar 4.9 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada sumbu x (peak).....	60
Gambar 4.10 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada sumbu z (peak).....	61
Gambar 4.11 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada sumbu x (peak to peak).....	62
Gambar 4.12 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada sumbu z (peak to peak).....	62
Gambar 4.13 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu x (g.rms).....	64
Gambar 4.14 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu z (g.rms).....	64
Gambar 4.15 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu z (g.rms).....	65
Gambar 4.16 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu x (peak).....	67
Gambar 4.17 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu z (peak).....	67
Gambar 4.18 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu x (peak to peak).....	68
Gambar 4.19 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu z (peak to peak).....	69

Gambar 4.20 Hubungan <i>cross feed</i> dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan tipe batu gerinda A46QV.....	71
Gambar 4.21 Hubungan <i>cross feed</i> dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan tipe A80LV.....	71
Gambar 4.22a. Hubungan getaran dan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,01 mm pada batu gerinda tipe A46QV.....	77
Gambar 4.22b. Hubungan getaran dan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,02 mm pada batu gerinda tipe A46QV.....	78
Gambar 4.22c. Hubungan getaran dan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,03 mm pada batu gerinda tipe A46QV.....	78
Gambar 4.23a Hubungan getaran dan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,01 mm pada batu gerinda tipe A80LV.....	79
Gambar 4.23b Hubungan getaran dan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,02 mm pada batu gerinda tipe A80LV	79
Gambar 4.23c Hubungan getaran dan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,03 mm pada batu gerinda tipe A80LV.....	80
Gambar 4.24 proses coss feed.....	80
Gambar 4.25 sistem getaran paksa satu derajat kebebasan.....	90
Gambar 4.26 pemodelan system getaran paksa dalam gerinda datar.....	80
Gambar 4.27 Grafik persamaan hubungan amplitudo dengan kekasaran permukaan	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.3	Contoh kodifikasi batu gerinda berdasarkan ISO 525-1999	12
Tabel 2.4	Ukuran <i>Grit</i>	12
Tabel 2.5	Nilai kekerasan batu gerinda	13
Tabel 2.6	Jenis bahan pengikat	14
Tabel 2.7	Nilai kekasaran dan tingkat kekasaran	18
Tabel 2.8	Nilai kekasaran yang dicapai oleh beberapa pengerjaan	20
Tabel 3.1	Komposisi kimia SKD 11	38
Tabel 3.2	Spesifikasi batu gerinda	38
Table 3.3	Parameter cross feed pada mesin gerinda rata tipe KGS818AHD.....	47
Tabel 3.4	Rancangan pengambilan data penelitian	50
Tabel 4.1	Hasil perhitungan data <i>acceleration</i> amplitudo (<i>rms</i>) pada batu gerinda tipe A46QV.....	53
Tabel 4.2	Hasil perhitungan data <i>acceleration</i> pada batu gerinda tipe A46QV pada amplitudo <i>g.rms</i>	56
Tabel 4.3	Hasil perhitungan data <i>acceleration</i> pada batu gerinda tipe A46QV pada amplitudo <i>peak</i>	59
Tabel 4.4	Hasil perhitungan data <i>acceleration</i> pada batu gerinda tipe A46QV pada amplitudo <i>peak to peak</i>	61
Tabel 4.5	Hasil perhitungan data <i>Acceleration</i> pada batu gerinda tipe A80LV pada amplitudo <i>g.rms</i>	63
Tabel 4.6	Hasil perhitungan data <i>acceleration</i> pada batu gerinda tipe A80LV pada amplitudo <i>peak</i>	66

Tabel 4.7 Hasil perhitungan data <i>acceleration</i> pada batu gerinda tipe A80LV (<i>peak to peak</i>).....	68
Tabel 4.8 Hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan pada batu gerinda tipe A46QV.....	70
Tabel 4.9 Hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan pada batu gerinda tipe A80LV.....	70
Tabel 4.10 Tingkat Kekasaran Permukaan Baja SKD11 pada batu gerinda tipe A46QV.....	73
Tabel 4.11 Tingkat Kekasaran Permukaan Baja SKD11 pada batu gerinda tipe A80LV.....	73
Tabel 4.12 Nilai amplitudo getaran dan kekasaran permukaan pada arah sumbu z untuk batu gerinda tipe A46QV.....	74
Tabel 4.13 Nilai amplitudo getaran dan kekasaran permukaan pada arah sumbu z untuk batu gerinda tipe A80LV.....	75
Tabel 4.14 Data amplitudo getaran (rms) hasil replikasi 5 kali pengulangan dengan <i>cross feed</i> 5,3 mm/langkah dan kedalaman potong 0,01 mm pada batu gerinda A46QV.....	82
Tabel 4.15 Pembuktian Rumus Persamaan terhadap hasil ukur kekasaran permukaan	83
Tabel 4.16 Pembuktian Rumus Persamaan terhadap kekasaran permukaan hasil replikasi 5 kali pengulangan dengan parameter yang sama.....	83
Tabel 4.17 Hasil kekasaran permukaan (Ra) persamaan dan kekasaran permukaan (Ra) ukur dengan <i>cross feed</i> 5,3 mm/langkah dan kedalaman potong 0,01 mm pada batu gerinda A46QV.....	85
Tabel 4.18 Data replikasi 3x pengulangan dengan <i>cross feed</i> 5,3 mm/langkah dan kedalaman potong 0,01 mm; 0,02 mm dan 0,03 mm pada gerinda tipe A80LV.....	87
Tabel 4.19 data hasil replikasi pada tabel 4.18 dalam layar software minitab	87



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proses gerinda permukaan merupakan proses akhir dalam proses pemesinan, karena membutuhkan ketelitian dimensi tinggi dan kekasaran permukaan rendah, membutuhkan kecepatan penghasil geram rendah, serta dapat menghaluskan material yang telah dikeraskan (Rochim, 1993). Persyaratan geometri, ukuran, dan kualitas permukaan umumnya lebih diperketat, agar memperoleh spesifikasi yang diharapkan maka digunakanlah proses gerinda (Fathallah, 2009). Secara prinsip kerja mesin ini yaitu batu gerinda berputar dan bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan atau pelepasan material (pemotongan). Salah satu faktor penentu keberhasilan pengerjaan benda kerja dalam proses pemesinan (penggerindaan) adalah pemilihan alat potong (batu gerinda) yang tepat. Kesesuaian jenis, ukuran dan material yang akan di kerjakan harus betul-betul di perhatikan di dalam memilih batu gerinda, karena unsur – unsur batu gerinda terdiri atas serbuk abrasif dan perekat. Diantara serbuk abrasif yang sering dipakai untuk pembuatan batu gerinda adalah: karbida/boron nitrit, karbida silicon, aluminium oksida dan intan.

Batu gerinda mempunyai kekuatan ikatan serbuk abrasif kategori lunak lebih cocok untuk menggerinda material yang keras/di keraskan. Sebaliknya batu gerinda mempunyai kekuatan ikatan serbuk abrasif kategori keras lebih cocok untuk menggerinda material yang lunak, sehingga batu gerinda akan lebih tahan lama (awet) dan kehalusan benda kerja akan relatif lebih baik. Secara prinsip, untuk material yang keras dalam penggerindaan perlu dijaga temperaturnya agar tidak terlalu tinggi, sehingga diperlukan batu gerinda dengan serbuk abrasif yang mudah terlepas atau kekuatan ikatannya rendah (Rochim, 1993).

Proses penggerindaan merupakan bagian akhir (*finishing*) dari berbagai proses pemesinan, sehingga perlu dihindari terjadinya getaran. Terjadinya getaran pada proses pemesinan (penggerindaan) adalah sangat berbahaya dan merupakan kondisi yang tidak diinginkan. Kondisi ini terjadi karena adanya sumber



penggetar/eksitasi yang merambat melalui keseluruhan komponen/bagian mesin yang bersangkutan. Getaran dapat merusak dan memperpendek umur pahat (batu gerinda) dan mesin kondisi ini terjadi pada proses pengasaran (*roughing*). Untuk proses penghalusan (*finishing*), akan mengurangi ketelitian dimensi, bentuk serta kekasaran permukaan benda kerja.

Kekasaran permukaan benda kerja paling utama dipengaruhi oleh pengaturan parameter proses gerinda, yaitu kedalaman potong, kecepatan makan dan *cross feed* (gerak melintang atau arah sumbu z). Peningkatan kedalaman potong sering dilakukan agar mendapatkan waktu pengerjaan yang relatif lebih singkat, akan tetapi semakin besar kedalaman potong yang digunakan maka tingkat kekasaran permukaan benda kerja juga akan meningkat artinya kedalaman potong cukup tinggi berpengaruh besar terhadap kekasaran permukaan (Nguyen, 2003). Dengan menambah kedalaman potong secara berlebihan, bukan lagi akan meningkatkan produktifitas tetapi malah bisa menurunkan produktifitas karena adanya suatu produk yang harus dikerjakan ulang bahkan diganti karena terjadinya cacat pada permukaan hasil pemotongan akibat *chatter*. *Chatter* adalah getaran yang amplitudanya naik secara eksponensial pada saat proses pemotongan dengan kedalaman potong tertentu dan terjadi pada daerah tidak stabil. *Chatter* tidak boleh terjadi pada saat proses pemesinan atau proses pemotongan sedang berlangsung harus dalam keadaan stabil, karena hal tersebut bersifat merugikan, diantaranya menurunkan kualitas permukaan, mengurangi tingkat kepresisian dimensi benda kerja, menyebabkan pahat mudah aus bahkan terjadi patah dini, dan dapat mengakibatkan kerusakan poros mesin, sehingga dampak dari semua ini adalah ongkos produksi yang mahal. Oleh karena itu perlu dilakukan untuk mengetahui batas stabilitas *chatter* sehingga dapat digunakan untuk memprediksi dan menghindari terjadinya *chatter*. Beberapa penelitian yang membahas masalah *chatter* dan kekasaran permukaan pada proses *surface grinding* adalah sebagai berikut :

Li dkk.(2006), melakukan penelitian pada proses pemesinan gerinda permukaan dengan menggunakan material baja 4140 yang dikeraskan (*hardened*) dengan dimensi (mm)(100x 50 x 50). Menggunakan batu gerinda tipe 38A60KVBE (*grit medium*) dengan dimensi 150 x 20 mm. Variasi parameter



yang dilakukan adalah kecepatan spindel (2000, 2250, 2500, 2750 dan 3000) (rpm), kecepatan makan (42,3; 63,5; dan 84,7) (mm/s), dan kedalaman potong (0,01, 0,02 dan 0,03) (mm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kecepatan spindel (rpm), *chatter* akan menurun, sebaliknya untuk kedalaman potong dan kecepatan makan yang semakin besar akan meningkatkan pertumbuhan *chatter*.

Suparno dan Wahyudianto (2012), melakukan penelitian tentang pengaruh *feeding* dan *depth of cut* pada gerinda datar terhadap kekasaran permukaan baja C30. Menggunakan batu gerinda 38A36L5VBE, dengan 3 variasi *depth of cut* dan 3 variasi *feeding*. Hasil penelitiannya adalah bahwa *feeding* dan *depth of cut* mempengaruhi kekasaran permukaan baja C30 yang digambarkan dalam bentuk hubungan eksponensial dengan koefisien determinasi diatas 80%.

Kurnia (2015), melakukan penelitian tentang ” Studi Eksperimental Pengaruh *Longitudinal Feed* Terhadap Getaran Dan Kekasaran Permukaan Pada Mesin Surface Grinding Type KGS818AHD Untuk *Hardened Tool Steel* OCR12VM”. Benda kerja OCR12VM dimensi (300x 60 x 20) (mm), batu gerinda tipe A46QV dan A80PV dimensi 200 x 25 x 32 mm. Variasi parameter proses adalah kecepatan makan (100, 150, 200, 250) (mm/s), kedalaman potong (0,01; 0,02; 0,03) (mm), dan variasi parameter konstan adalah putaran spindel 3000 (rpm) dan gerak makan transversal 0,04 (mm/langkah). Hasil penelitian menunjukkan bahwa amplitudo getaran berbanding lurus dengan kekasaran permukaan, dimana semakin besar amplitudo getaran, maka kekasaran permukaan akan semakin meningkat. Sedangkan pengaruh variasi kecepatan makan dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan di gambarkan secara eksponensial dengan determinasi sebesar 98%, dengan tingkat kekasaran permukaan berada pada rentang N3 sampai N5.

Berdasarkan hal-hal yang telah dijelaskan di atas, penelitian tentang pengaruh parameter *cross feed* (arah sumbu z) pada proses pemesinan gerinda datar terhadap getaran dan kekasaran permukaan pada material *hardened tool steel* SKD11 perlu dilakukan dengan variasi parameter proses, variasi tipe batu gerinda, dan jenis material yang di keraskan. Untuk variabel respon yang akan diteliti adalah besarnya amplitudo level getaran dan kekasaran permukaan yang



mampu dicapai oleh mesin gerinda permukaan, serta hubungan antara kedua respon level getaran (g.rms) dan kekasaran permukaan pada material *hardened tool steel* SKD11.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan permasalahan yang dapat ditetapkan berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh *cross feed* dan kedalaman potong terhadap nilai amplitudo level getaran dan kekasaran permukaan pada material *hardened tool steel* SKD11 untuk batu gerinda tipe A80LV dan A46QV.
2. Berapakah besarnya amplitudo level getaran dan nilai kekasaran permukaan terhadap pengaruh *cross feed* dan kedalaman potong pada proses gerinda permukaan dengan material *hardened tool steel* SKD11 untuk batu gerinda tipe A80LV dan A46QV.
3. Bagaimanakah hubungan amplitudo level getaran dengan kekasaran permukaan pada batu gerinda tipe A80LV dan A46QV.
4. Apakah amplitudo level getaran memiliki kontribusi dalam menentukan nilai kekasaran permukaan tanpa harus mengukur nilai kekasarannya.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh *cross feed* dan kedalaman potong terhadap nilai amplitudo level getaran dan kekasaran permukaan pada material *hardened tool steel* SKD11 untuk batu gerinda tipe A80LV dan A46QV.
2. Mengetahui besarnya amplitudo level getaran dan nilai kekasaran permukaan terhadap pengaruh *cross feed* dan kedalaman potong pada proses gerinda permukaan dengan material *hardened tool steel* SKD11 untuk batu gerinda tipe A80LV dan A46QV.
3. Mengetahui hubungan amplitudo level getaran dengan kekasaran permukaan pada batu gerinda tipe A80LV dan A46QV.
4. Mengetahui kontribusi amplitudo level getaran dalam menentukan /memprediksi nilai kekasaran permukaan tanpa harus mengukur nilai kekasarannya.



1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan rekomendasi yang tepat dan akurat dalam menggunakan parameter proses pada mesin gerinda permukaan dengan putaran spindel 3000 rpm.
2. Dapat menentukan tingkat kekasaran permukaan yang diinginkan dengan parameter proses yang sudah ditentukan.
3. Menambah *database* tentang penggunaan abrasif tipe A80LV dan A46QV pada proses gerinda datar dengan material yang dikeraskan.
4. Tingkat kekasaran permukaan dapat di prediksi hanya dengan mengukur getarannya saja tanpa harus mengukur kekasarannya.

1.5 Originalitas dan Kontribusi

Adapun originalitas terhadap penelitian yang lain dan kontribusi yang dihasilkan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan variabel *cross feed*, variasi tipe batu gerinda serta material *hardened tool steel* SKD11 pada proses gerinda datar merupakan hal yang berbeda dari penelitian sebelumnya.
2. Memiliki kontribusi hanya dengan mengukur level getarannya saja nilai kekasaran permukaan bisa di prediksi tanpa harus mengukur kekasarannya.
3. Menganalisa dua variabel respon yaitu amplitudo level getaran dan kekasaran permukaan yang belum pernah dilakukan sebelumnya pada proses gerinda datar pada arah *cross feed*.

1.6 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diberlakukan agar penelitian dapat berjalan fokus dan terarah adalah sebagai berikut:

1. Mesin yang di gunakan adalah mesin *Surface Grinding* tipe KGS818AHD
2. Jenis batu gerinda yang digunakan adalah jenis *Aluminium Oxide* (Al_2O_3) tipe A80LV dan A46QV dengan dimensi $(\varnothing L \times \varnothing D \times T) = (200 \text{ mm} \times 32 \text{ mm} \times 25 \text{ mm})$.



-
3. Jenis material yang digunakan adalah baja SKD11 dengan kekerasan 58 HRC.
 4. Putaran batu gerinda 3000 rpm .
 5. Tidak membahas sifat kimiawi dan perlakuan panas pada material spesimen.
 6. Tidak membahas komponen biaya pada proses pemesinan.
 7. Proses pemotongan dilakukan tanpa cairan pendingin.
 8. Tidak membahas tentang sistem redaman

1.7 Asumsi Penelitian

Asumsi-asumsi yang diberlakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan penelitian dalam kondisi baik.
2. Alat ukur yang digunakan penelitian dalam kondisi baik dan terkalibrasi.
3. Material SKD11 yang digunakan adalah homogen.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Mesin, pahat, dan benda kerja yang bersifat dinamis, dalam kondisi tertentu, getaran yang tidak diinginkan dari sistem dapat terjadi. Getaran dalam bidang dinamika mesin perkakas dapat dibagi menjadi tiga jenis, getaran bebas (*free vibration*), getaran paksa (*forced vibration*), dan getaran tereksitasi diri (*self-excited vibration*) (Koenigsberger dan Tlustý (1970) Boothroyd dan Knight, 1989), dimana *self-excited vibration* juga disebut *chatter*.

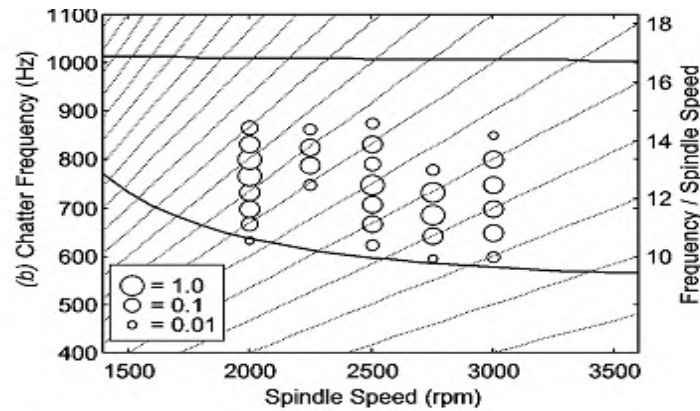
Pada saat proses pemotongan sedang berlangsung maka getaran harus dihindari karena getaran bersifat merugikan, diantaranya menurunkan kualitas permukaan, mengurangi tingkat kepresisian dimensi benda kerja, menyebabkan pahat mudah aus bahkan patah pahat dini, serta bisa mengakibatkan kerusakan mesin atau poros. Banyak penelitian yang berkaitan tentang kasus getaran dan kekasaran permukaan benda kerja dengan parameter berbeda-beda diantaranya :

Leonesio dkk. (2012), melakukan penelitian tentang simulasi dinamik sebagai model dari gerinda datar terhadap waktu, dimana kualitas benda kerja pada proses gerinda dipengaruhi oleh keadaan statik dan dinamik pada suatu sistem mekanik. Kelenturan dinamik (*dynamic compliance*) menyebabkan getaran yang membuat kualitas permukaan benda kerja menurun. Penelitian ini menggunakan material baja karbon rendah (Fe510-EN 10027) dengan dimensi 260 mm x 210 mm x 40 mm. dengan tipe batu gerinda 7A36IBJ15, berdimensi 400 x 57. Dengan memvariasikan kedalaman potong, kecepatan makan dan putaran roda gerinda.

Li dkk. (2006), melakukan penelitian pada proses pemesinan gerinda permukaan tentang “*wheel regenerative chatter of surface grinding*” material yang di gunakan *hardened steel* 4140 dengan dimensi (mm) (100x 50 x 50). Menggunakan batu gerinda tipe 38A60KVBE (*grit medium*) dengan dimensi 150 x 20 mm. Variasi parameter yang dilakukan adalah kecepatan spindel (2000, 2250, 2500, 2750 dan 3000) (rpm), kecepatan makan (42,3; 63,5; dan



84,7)(mm/s), dan kedalaman potong (0,01, 0,1 dan 1,0) (mm). Hasil dari penelitian di tunjukan pada gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1 Frekuensi *chatter* untuk perbedaan kecepatan spindel (rpm) dengan kecepatan makan (mm/s)

Dari gambar 2.1 menunjukan hasil bahwa dengan meningkatnya kecepatan spindel (rpm) maka *chatter* akan menurun, sebaliknya untuk kedalaman potong dan kecepatan makan yang semakin besar akan meningkatkan pertumbuhan *chatter*.

Inasaki dkk. (2001), melakukan penelitian tentang *chatter* pada material S55C dengan menggunakan batu gerinda tipe WA60JmV. Hasilnya adalah bahwa *chatter* tumbuh dengan sangat cepat apabila kondisi kedalaman potong, lebar penggerindaan dan kecepatan gerinda yang besar, serta kecepatan benda kerja yang rendah. Kemudian dengan menaikkan kekakuan (*stiffness*) dan peredaman (*damping*) pada sistem mekanik dapat menurunkan laju pertumbuhan/ terbentuknya *chatter*.

Dalam proses gerinda pahat potong memegang peranan utama, maka roda gerinda harus dipilih dengan seksama, baik bentuk, dimensi, maupun jenisnya. Jenis roda gerinda beragam tergantung pada kebutuhan proses gerinda. Serbuk abrasif merupakan bagian yang aktif yang berfungsi sebagai mata potong yang tersebar diseluruh permukaan roda gerinda. Saat ini ada empat macam serbuk gerinda yang umum dipakai, yaitu jenis oksida aluminium, karbida silikon, karbida, dan intan. Dengan menggunakan material roda gerinda jenis oksida aluminium yang diproduksi dengan teknik *sol gel* (SG), maka *grindability* akan meningkat dan tegangan sisa akan menurun jika dibandingkan dengan material



roda gerinda jenis oksida aluminium yang diproduksi dengan cara konvensional (Fathallah dkk., 2009).

Selain jenis roda gerinda, kedalaman potong juga berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Semakin besar kedalaman potong yang digunakan, maka tingkat kekasaran permukaan benda kerja juga akan meningkat (Nguyen, 2003).

Penelitian yang membahas mengenai pengaruh penggunaan jenis abrasif yang berbeda terhadap IPBK (integritas permukaan benda kerja) dan mode pembentukan geram (MPG) pada proses gerinda permukaan telah dilakukan. Tipe abrasif dengan kekerasan yang tinggi mengakibatkan gaya potong bertambah besar, derajat *burning* meningkat, serta kekasaran permukaan semakin tinggi (Bisono, 2014)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Proses Pemesinan Abrasif

Proses manufaktur seringkali tidak bisa menghasilkan benda kerja dengan akurasi dimensi atau tingkat kekasaran tertentu. Salah satu faktor yang menjadi penyebabnya, misalnya material yang dikerjakan terlalu keras atau terlalu getas. Salah satu proses yang umum digunakan untuk menghasilkan benda kerja dengan karakteristik tertentu diatas adalah dengan *abrasive machining*. Proses pemesinan abrasif merupakan suatu proses pengikisan material dengan menggunakan partikel-partikel serbuk abrasif yang keras. Proses pemesinan abrasif terbagi menjadi dua, yaitu proses pemesinan abrasif terikat dan dan tidak terikat. Pada proses abrasif terikat, partikel-partikel abrasif saling direkatkan dengan perekatan tertentu, sedangkan pada proses abrasif tidak terikat, partikel-partikel abrasif tidak direkatkan (Schey, 2000).

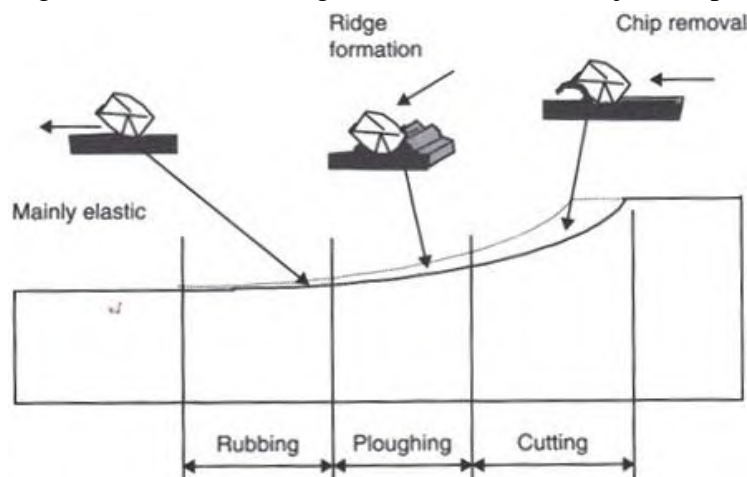
2.2.2 Proses Pemesinan Gerinda Datar

Proses gerinda adalah salah satu tipe dari *abrasive machining* yang digunakan untuk proses *finishing*. Proses ini merupakan proses pelepasan material dengan menggunakan pahat yang berupa batu gerinda berbentuk piringan (*grinding wheel/disk*), yang dibuat dari campuran serbuk abrasif dan bahan pengikat dengan komposisi dan struktur tertentu. Dengan menggunakan proses gerinda maka kekasaran permukaan produk yang rendah dan toleransi geometrik



2.2.3 Mekanisme Pembentukan Geram

Mekanisme pembentukan geram dalam proses gerinda permukaan sama seperti mekanisme pembentukan geram pada proses pemesinan konvensional yang lain. Pada proses pemesinan gerinda permukaan, masing-masing butiran abrasif dari batu gerinda bertindak seperti miniatur pahat potong. Dalam proses gerinda permukaan ada tiga tipe aksi dari butiran abrasif yaitu, *cutting*, *plowing* dan *rubbing*. *Cutting* adalah kondisi dimana butiran abrasif cukup panjang untuk menyentuh benda sehingga memungkinkan terjadi proses pemotongan. *Plowing* adalah kondisi dimana butiran abrasif menyentuh benda kerja tetapi tidak cukup panjang, hal ini mengakibatkan permukaan benda kerja terdeformasi, tetapi tidak terjadi pemotongan. *Rubbing* adalah kondisi dimana butiran abrasif menyentuh permukaan benda kerja. Permukaan benda kerja tidak terdeformasi dan tidak terjadi pemotongan. Dalam kondisi ini butiran abrasif dan permukaan benda kerja hanya bergesekan. Ilustrasi ketiga kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tiga tipe aksi dari butiran abrasif: (a) *Cutting* (b) *Plowing* (c) *Rubbing* (Groover, 2010)

2.2.4 Batu gerinda

Seperti halnya dengan proses pemesinan yang lain dimana pahat memegang peranan utama sebagai media potong, maka untuk proses gerinda yang berfungsi sebagai media potong adalah batu gerinda. Batu gerinda harus dipilih dengan seksama berdasarkan bentuk, dimensi dan jenisnya supaya proses gerinda dapat dilaksanakan dengan efisien. Untuk membantu pemilihan batu gerinda maka *International Organization for Standardization* (ISO) merekomendasikan



pemakaian jenis batu gerinda yang telah distandarkan (ISO 525-1999). Berdasarkan ISO setiap batu gerinda memiliki kode tertentu yang berisi informasi mengenai spesifikasi dari batu gerinda dalam bentuk serangkaian huruf dan angka. Bentuk umum dari kodifikasi batu gerinda berdasarkan ISO dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Contoh Kodifikasi Batu gerinda Berdasarkan ISO

Contoh kodifikasi	51	36	L	5	V	23	50
Urutan spesifikasi	0	2	3	4	5	6	7

Dengan:

- 0 : Spesifikasi serbuk abrasif: sesuai dengan klasifikasi lebih lanjut dari pabrik pembuat.
- 1 : Jenis serbuk abrasif: dimana jenis serbuk abrasif yang sering dipakai adalah *aluminum oxide*, *silicon carbide*, *cubic boron nitride* (CBN) dan *diamond* (Boothroyd, 2006).
- 2 : Ukuran *grit*: dimana angka yang besar menunjukkan bahwa ukuran serbuknya kecil. Berdasarkan ISO, ukuran grit dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ukuran Grit

<i>Macrogrits</i>			<i>Microgrits</i>
<i>Coarse</i>	<i>Medium</i>	<i>Fine</i>	<i>Very fine</i>
4	30	70	230
5	36	80	240
6	40	90	280
7	46	100	320
8	54	120	360
10	60	150	400
12	-	180	500
14		220	600



16		-	800
20			1000
22			1200
24			-

Sumber: ISO 525-1999

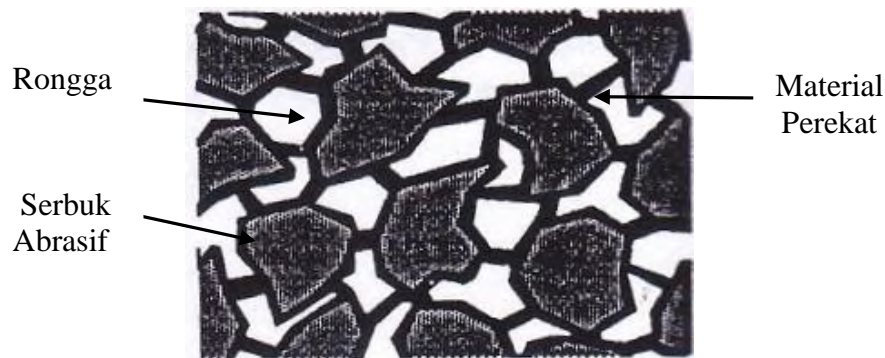
- 3 : Nilai kekerasan batu gerinda atau kekuatan ikatan serbuk abrasif: dimana nilai kekerasan diidentifikasi oleh urutan huruf dari A hingga Z secara berurutan dengan tingkat kekerasan makin tinggi. Berdasarkan ISO, nilai kekerasan batu gerinda dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai Kekerasan Batu gerinda

A	B	C	D	<i>Extremely soft</i>
E	F	G	-	<i>Very soft</i>
H	I	J	K	<i>Soft</i>
L	M	N	O	<i>Medium</i>
P	Q	R	S	<i>Hard</i>
T	U	V	W	<i>Very hard</i>
X	Y	Z	-	<i>Extremely hard</i>

Sumber: ISO 525-1999

- 4 : Struktur batu gerinda: yang menyatakan kerapatan atau konsentrasi serbuk abrasif persatuan luas. Struktur dalam batu gerinda terdiri dari butiran abrasif, bahan pengikat dan pori-pori. Struktur tersebut diidentifikasi dengan menggunakan angka 0 sampai 30. Angka yang kecil menunjukkan bahwa batu gerinda mempunyai kerapatan serbuk yang tinggi. Ilustrasi struktur dari batu gerinda dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur batu gerinda (Rochim, 1993)

5 : Jenis bahan pengikat serbuk abrasif: berdasarkan ISO jenis bahan pengikat diidentifikasi pada Tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2.6 Jenis Bahan Pengikat

V	<i>Vitrified bond</i>
R	<i>Rubber bond</i>
RF	<i>Reinforced rubber bond</i>
B	<i>Resinoid and other thermosetting organic bonds</i>
BF	<i>Resinoid bond fiber reinforced</i>
E	<i>Shellac bond</i>
MG	<i>Magnesite Bond</i>
PL	<i>Plastic Bond</i>

Sumber: ISO 525-1999

6 : Spesifikasi bahan pengikat: yang berupa angka dan hanya dicantumkan bila perlu, sesuai dengan jenis dan modifikasi yang dilakukan oleh pabrik pembuat.

7 : Kecepatan perifer maksimum batu gerinda: dengan satuan m/s. misal tertera pada mesin adalah 3000 rpm

2.2.5 Balancing dan Dressing

Hal yang perlu diperhatikan dalam proses gerinda adalah keseimbangan dari batu gerinda itu sendiri. Batu gerinda yang tidak seimbang dapat pecah ketika berputar dengan kecepatan tinggi dan bisa mengakibatkan cedera terhadap operator maupun kerusakan terhadap benda kerja (Black, 2004). Batu gerinda yang tidak seimbang juga akan menghasilkan permukaan akhir yang buruk dan dapat menyebabkan keausan pada bantalan poros. Agar batu gerinda seimbang

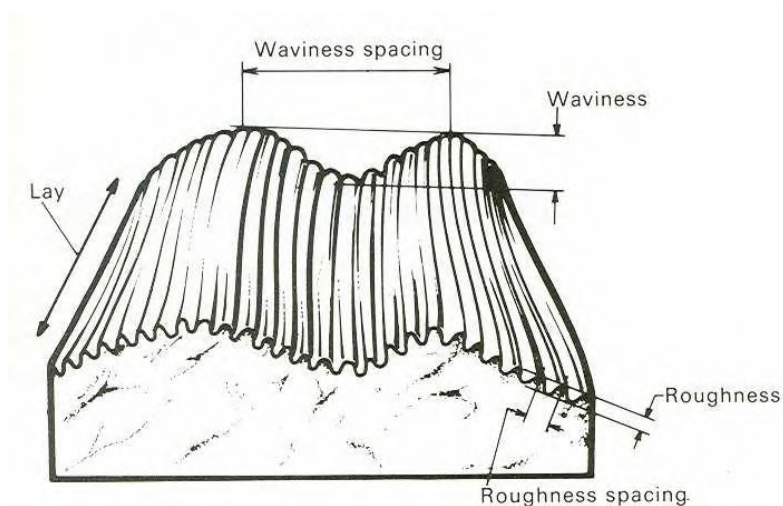


maka diperlukan proses *balancing* terhadap batu gerinda sebelum digunakan. *Balancing* adalah proses penyeimbangan batu gerinda dengan penambahan dua atau tiga bobot penyeimbang, sehingga batu gerinda tidak berat pada satu titik. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam proses gerinda permukaan adalah keausan/tumpulnya sisi potong pada batu gerinda.

Keausan/tumpulnya pahat (batu gerinda) akan dapat menimbulkan beberapa efek, antara lain: kenaikan gaya potong, menimbulkan getaran, penurunan kehalusan permukaan hasil pemesinan. Maka dari itu kondisi ini diperlukan proses *dressing* untuk menghilangkan butiran abrasif yang sudah tumpul, sehingga muncul sisi potong yang baru yang membuat kemampuan potong menjadi optimal lagi.

2.2.6 Kekasaran Permukaan Benda Kerja

Kekasaran didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk yang bervariasi menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. Karakteristik permukaan tersebut ada yang bentuknya halus, dapat juga dalam bentuk kekasaran (*roughness*) maupun membentuk gelombang (*waviness*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 .

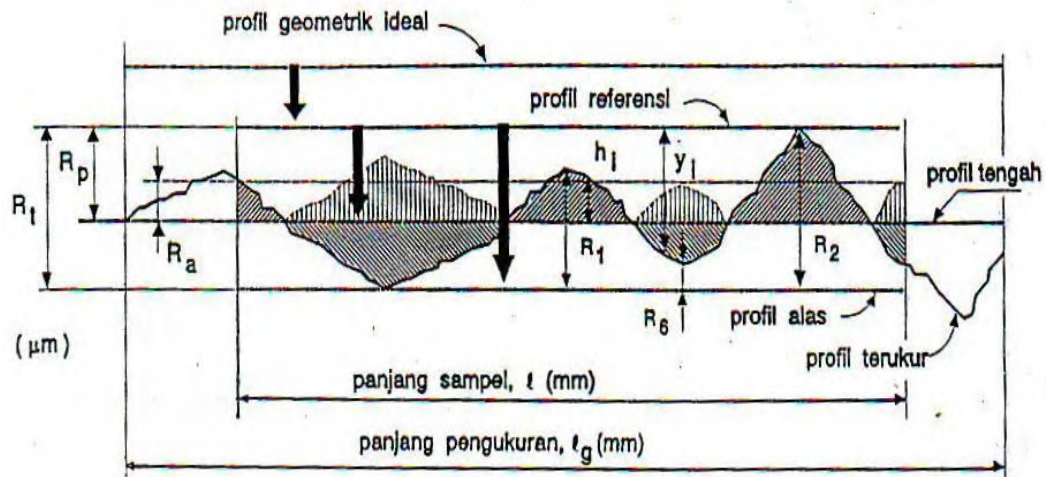


Gambar 2.6. Bentuk kekasaran dan penggelombangan pada permukaan (*surface*)

Kualitas kekasaran permukaan proses pemesinan yang paling umum adalah harga kekasaran rata-rata aritmatika (R_a) yaitu, sebagai standar kualitas



permukaan dari hasil pemotongan maksimum yang diijinkan. Posisi R_a , parameter kekasaran yang lain, bentuk profil, panjang sampel dan panjang pengukuran yang dilakukan oleh mesin-mesin pengukur kekasaran permukaan ditunjukkan pada Gambar 2.7.

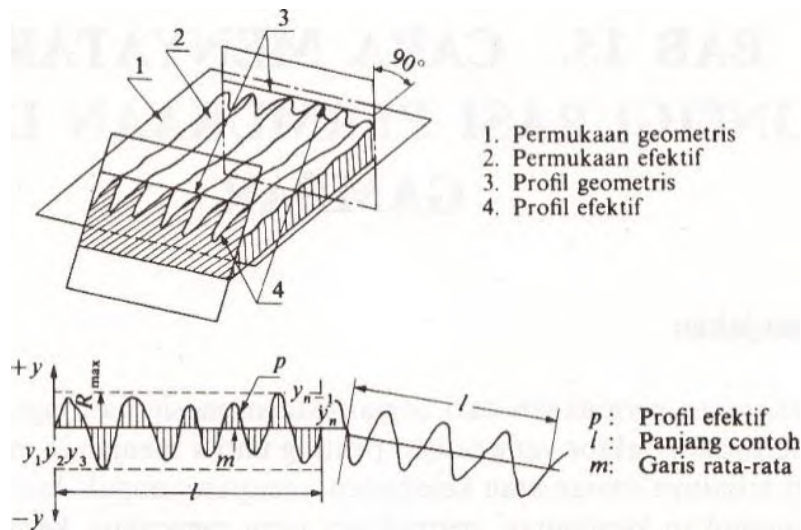


Gambar 2.7. Parameter dalam profil permukaan (*surface*)

Kekasaran permukaan merupakan penyimpangan rata-rata aritmatika dari garis rata-rata profil. Definisi ini digunakan untuk menetapkan harga-harga kekasaran permukaan dalam ISO 1302-1978. Di beberapa negara, kekasaran permukaan ditunjukkan oleh sepuluh titik ketinggian dari ketidakrataan (R_z) atau ketinggian maksimum dari ketidakrataan secara konvensional (R_{max}). Definisi dari ketiga macam kekasaran permukaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penyimpangan rata-rata aritmatika dari garis rata-rata profil (R_a).

Penyimpangan rata-rata aritmatika (R_a) adalah harga rata-rata dari ordinat-ordinat profil efektif garis rata-ratanya. Profil efektif merupakan garis bentuk dari potongan permukaan efektif oleh sebuah bidang yang telah ditentukan secara konvensional terhadap permukaan geometris ideal. Ilustrasi yang lebih jelas terhadap permukaan geometris, permukaan efektif, profil geometris, dan profil efektif ditunjukkan oleh Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Kekasaran permukaan (*surface*) rata-rata aritmatika

Harga R_a ditentukan dari nilai-nilai ordinat ($y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$) yang dijumlahkan tanpa memperhitungkan tandanya. Secara umum R_a dirumuskan sebagai berikut:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \quad (2.2)$$

Harga R_a tersebut dapat didekati oleh persamaan:

$$R_a = \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (2.3)$$

atau

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} \quad (2.4)$$

Dengan:

R_a = nilai kekasaran aritmatika

y_n = tinggi atau dalam bagian-bagian profil hasil pengukuran jarum peraba

n = frekuensi pengukuran

l = panjang sampel yang telah ditentukan, yaitu panjang dari profil efektif yang diperlukan untuk menentukan kekasaran permukaan dari permukaan yang diteliti.



Nilai penyimpangan rata-rata aritmatika telah diklasifikasikan oleh ISO menjadi 12 tingkat kekasaran. Tingkat kekasaran ini dilambangkan dari N1 hingga N12 seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Nilai kekasaran dan tingkat kekasaran (*surface*)

Kekasaran, R_a (μm)	Tingkat Kekasaran	Panjang Sampel
50 25	N12 N11	8
12,5 6,3	N10 N9	2,5
3,2 1,6 0,8 0,4	N8 N7 N6 N5	0,8
0,2 0,1 0,05	N4 N3 N2	0,25
0,025	N1	0,08

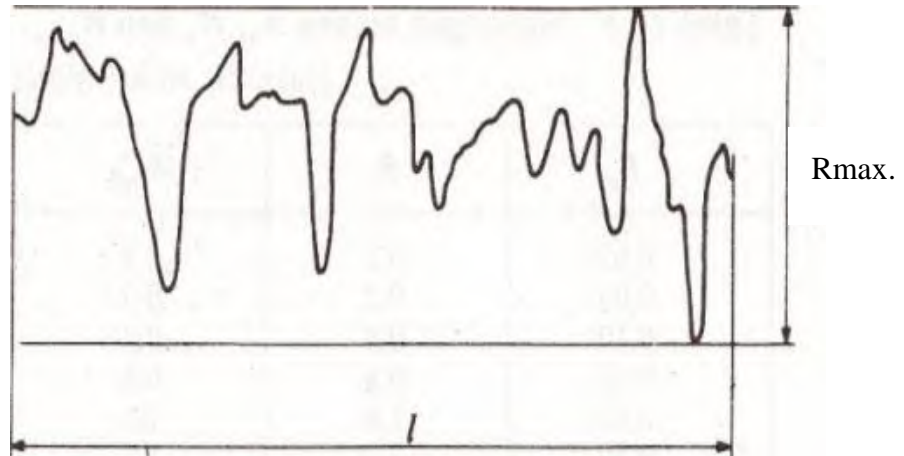
Rochim (2001) menyatakan parameter R_a cocok digunakan untuk memeriksa kualitas permukaan akhir benda kerja yang dihasilkan dalam jumlah banyak, karena R_a lebih peka terhadap penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan bila dibandingkan dengan parameter-parameter kekasaran permukaan yang lain. Namun, jika identifikasi permukaan digunakan untuk menerangkan ketidakaturan konfigurasi permukaan yang bersangkutan, parameter R_a sebenarnya tidak mempunyai dasar yang kuat untuk mengidentifikasi hal tersebut. Hal ini dikarenakan pada beberapa profil permukaan dapat memiliki nilai R_a yang hampir sama. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan (Rochim, 1993) dapat berasal dari:

- Parameter pemesinan, yaitu kecepatan potong, gerak makan dan kedalaman potong.
- Sifat dari material benda kerja dan pahat.
- Alat bantu dan cairan pendingin yang digunakan.
- Jenis dan kualitas dari mesin yang digunakan.



- Getaran antara pahat, benda kerja dan mesin.
- 2. Kongfigurasi permukaan yang berhubungan dengan kekasaran permukaan (R_{\max})

Ketidakrataan ketinggian maksimum (R_{\max}) adalah jarak antara dua garis sejajar dengan garis rata-rata dan menyinggung profil pada titik tertinggi dan titik terendah dalam panjang sampel seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.9.

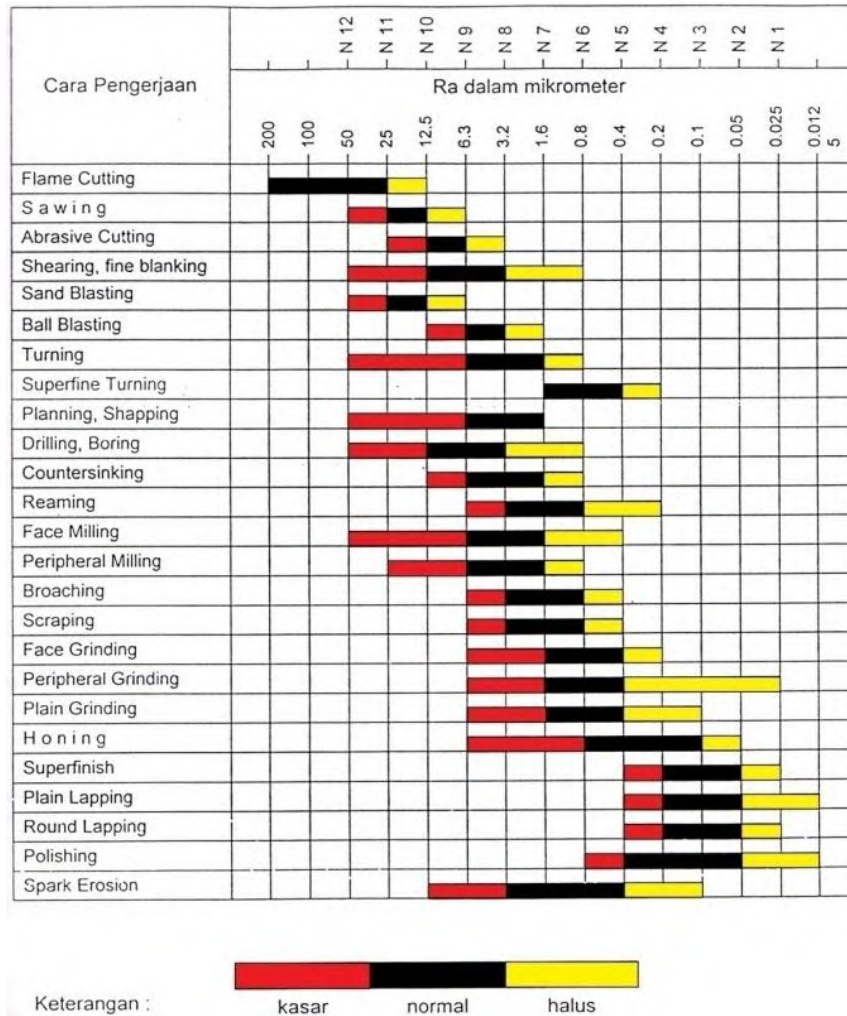


Gambar 2.9 Kongfigurasi permukaan yang berhubungan dengan kekasaran permukaan (*surface*)

Beberapa nilai contoh kekasaran yang dapat dicapai oleh beberapa cara pengerjaan diperlihatkan oleh Tabel 2.8.



Tabel 2.8. Nilai kekasaran yang dicapai oleh beberapa pengerjaan



Sumber: Rochim, 2001

Keterangan:

Nilai kekasaran permukaan *range* (kasar, normal, halus) yang ada pada proses face grinding (gerinda datar) pada tabel 2.8 di atas adalah sebagai berikut ini:

Kasar = Nilai kekasaran permukaan yang dicapai dengan pengerjaan kasar (nilai kekasaran sebesar 1,6 μm – 6,3 μm) atau dengan kategori (N7- N9)

Normal = Nilai kekasaran permukaan yang dicapai dengan pengerjaan normal (nilai kekasaran sebesar 0,4 μm – 1,6 μm) atau dengan kategori (N5- N7).

Halus = Nilai kekasaran permukaan yang dicapai dengan pengerjaan khusus (nilai kekasaran sebesar 0,2 μm – 0,4 μm) atau dengan kategori (N4- N5).



R_a merupakan variabel respon yang paling banyak digunakan untuk mengidentifikasi kekasaran permukaan (Rochim, 1993). Penggunaan parameter R_a sebenarnya tidak mempunyai dasar yang kuat untuk mengidentifikasi ketidakteraturan konfigurasi permukaan karena beberapa profil permukaan dapat menghasilkan nilai R_a yang hampir sama. Akan tetapi, parameter R_a cocok digunakan untuk memeriksa kualitas permukaan akhir benda kerja yang dihasilkan dalam jumlah banyak. Parameter R_a lebih peka terhadap penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan bila dibandingkan dengan parameter-parameter kekasaran permukaan yang lain. Dengan demikian pencegahan akan dapat dilakukan jika muncul tanda-tanda penambahan angka kekasaran permukaan benda kerja.

2.2.7 Getaran

Getaran merupakan salah satu hal yang tidak bisa dihindari pada proses pemotongan. Getaran muncul karena putaran dari mesin dan akibat pemotongan benda kerja. Putaran *spindle* mesin bersumber dari motor listrik yang kemudian memutar *gearbox*, dari *gearbox* kemudian memutar *spindle*. Tiap sumbu putar terdapat *bearing* yang memiliki *clearance* tertentu, beberapa hal inilah yang menyebabkan mesin yang berputar menimbulkan getaran. Pemasangan benda kerja pada *chuck* yang tidak *center* menimbulkan ketidak seimbangan massa. Ketidak seimbangan massa bisa menjadi penyebab timbulnya getaran pada saat proses pemotongan berlangsung.

Getaran dalam bidang dinamika mesin perkakas dapat dibagi menjadi tiga jenis, getaran bebas (*free vibration*), getaran paksa (*forced vibration*), dan getaran tereksitasi diri (*self-excited vibration*) dimana *self-excited vibration* juga disebut *chatter* (Boothroyd dan Knight, 1989).

- *Free vibration* (getaran bebas)

Adalah getaran yang muncul sebagai respon dari kondisi awal proses pemotongan, getaran ini akan hilang seiring dengan berjalannya waktu proses.

- *Forced vibration* (getaran paksa)

Getaran paksa muncul akibat adanya gaya yang bekerja secara periodik, besarnya amplitudo getaran sesuai dengan gaya yang mengenai. Gaya periodik



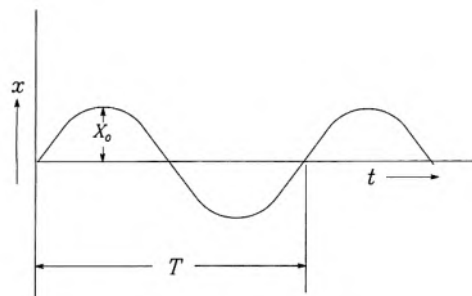
diakibatkan oleh ketidakseimbangan putaran proses dan benturan dari proses pemotongan roda gigi.

- *Self-excited vibration* (getaran terekstisasi diri)

Getaran terekstisasi diri muncul akibat dari proses pemotongan yang tidak stabil. Getaran akan semakin besar seiring berjalannya proses, dimana getaran terjadi pada frekuensi pribadi.

Sehingga pengertian getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Gerakan bolak balik dalam selang waktu tertentu disebut gerakan periodik. Gerakan periodik ini selalu dapat dinyatakan dalam fungsi sinus dan cosinus, oleh sebab itu gerakan periodik disebut juga sebagai gerakan harmonik.

Ilustrasi gerakan periodik harmonik dalam domain waktu ditunjukkan pada gambar 2.10 Perpindahan jarak (*displacement*) digambarkan pada arah vertikal sedangkan waktu digambarkan pada arah horizontal.



Gambar 2.10 Gerakan periodik harmonik atau getaran dalam domain waktu (Mobley, 1999)

Pada gambar 2.10 terlihat bahwa nilai maksimum *displacement* adalah X_0 . Nilai ini disebut amplitudo. Periode T biasanya diukur dalam satuan detik. Setiap satu kali gelombang naik dan turun dinamakan osilasi sedangkan gelombang bolak balik dalam satu periode T disebut frekuensi getaran (f) yang besarnya diukur dalam satuan *cycles per second (cps)* atau Hertz (Hz). Secara matematis nilai frekuensi getaran adalah satu per periode $f=1/T$.

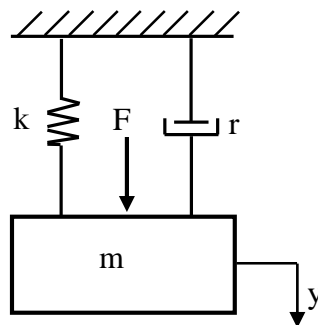
Sistem getaran mesin yang merupakan rangkaian dari komponen-komponen mesin memiliki kemungkinan untuk bergetar tidak hanya pada satu arah namun dapat pula bergetar keberbagai arah. Bila untuk menentukan kedudukan massa geometri sistem getaran mesin dalam ruang hanya diperlukan



satu arah atau koordinat maka sistem getaran tersebut dinamakan sistem derajat kebebasan tunggal. Sedangkan bila dibutuhkan lebih dari satu arah dinamakan sistem derajat kebebasan banyak. Mesin perkakas memiliki komponen yang bermacam-macam sehingga sistem getaran mesin perkakas merupakan sistem derajat kebebasan banyak. Untuk kepentingan analisa, sistem getaran mesin perkakas dapat disederhanakan menjadi sistem getaran dengan derajat kebebasan tertentu saja.

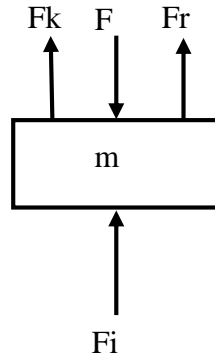
2.7.1 Getaran Paksa Satu Derajat Kebebasan (*Single Degree of Freedom Free Vibration*)

Apabila suatu sistem berosilasi karena pengaruh gaya luar (F) maka system tersebut dikatakan mengalami getaran paksa yang berakibat terjadinya penyimpangan (*displacement*). Sistem getaran paksa teredam dengan satu derajat kebebasan terdiri atas gaya luar, massa, pegas dan redaman sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.11 berikut:



Gambar 2.11 Sistem getaran paksa satu derajat kebebasan

Gambar 2.11 terdiri atas massa (m), kekakuan pegas (k), dan redaman (c). Apabila sistem tersebut berosilasi dengan sendirinya karena pengaruh gaya harmonik yang ada didalam sistem itu sendiri dan tanpa ada gaya luar yang bekerja maka sistem tersebut dikatakan mengalami getaran bebas (*free vibration*) yang berakibat penyimpangan (*displacement*). Sistem getaran ini dapat diterangkan secara teoritis dengan menggunakan diagram benda bebas (*free body diagram*) pada gambar 2.12 sebagai berikut.



Gambar 2.12 *Free body diagram SDOF free vibration*

Simbol-simbol diagram benda bebas pada gambar 2.12 diatas dijelaskan sebagai berikut:

F = Gaya eksitasi (gaya luar)	F_i = Gaya inersia
m = Massa benda kerja	F_r = Gaya redaman
F_k = Gaya pegas	y = Arah gerak benda kerja

Dengan menggunakan persamaan kesetimbangan gaya yang bekerja pada system $\Sigma F = F$ maka persamaan tersebut menjadi:

$$F_i + F_r + F_k = F \quad (2.9)$$

karena penyimpangan (y) dapat diturunkan menjadi kecepatan dan percepatan, dengan memberikan simbol notasi titik maka diperoleh:

$$m\ddot{y} + r\dot{y} + ky = F \quad (2.10)$$

dengan asumsi bahwa gaya eksitasi yang terjadi adalah harmonik, maka $F = \hat{F}e^{i\Omega t}$ dan asumsi bahwa getaran yang terjadi adalah harmonik dan $i = \sqrt{-1}$ maka:

$$\left. \begin{aligned} y &= \hat{y} e^{i\Omega t} \\ \dot{y} &= i\Omega \hat{y} e^{i\Omega t} \\ \ddot{y} &= -\Omega^2 \hat{y} e^{i\Omega t} \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

substitusi persamaan (2.11) ke persamaan (2.10) maka didapatkan:

$$(-m\Omega^2 + ir\Omega + k)\hat{y}e^{i\Omega t} = \hat{F}e^{i\Omega t} \quad (2.12)$$

dengan mengalikan persamaan (2.12) dengan $(1/m)$ maka didapatkan:

$$\left(-\Omega^2 + \frac{r}{m} i\Omega + \frac{k}{m}\right)\hat{Y}e^{i\Omega t} = \hat{F}e^{i\Omega t} \quad (2.13)$$

dengan mengikuti ketentuan $\frac{r}{m} = 2D\omega_0$ dan $\frac{k}{m} = \omega_0^2$ maka didapatkan:



$$(-\Omega^2 + 2D\omega_0 i\Omega + \omega_0^2)\hat{Y}e^{i\Omega t} = \hat{F}e^{i\Omega t} \quad (2.14)$$

dengan mengalikan persamaan (2.14) dengan $(1/\omega_0^2)$ maka didapatkan:

$$\left(-\frac{\Omega^2}{\omega_0^2} + \frac{\omega_0}{\omega_0^2} 2Di\Omega + 1\right)\hat{Y}e^{i\Omega t} = \hat{F}e^{i\Omega t} \quad (2.15)$$

dengan mengikuti ketentuan $\eta = \frac{\Omega}{\omega_0}$ maka didapatkan:

$$(1 - \eta^2 + 2Di\eta)\hat{Y}e^{i\Omega t} = \hat{F}e^{i\Omega t} \quad (2.16)$$

Frekuensi pribadi angular dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.17)$$

Rasio redaman bisa ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$D = \zeta = \frac{r}{r_c} = \frac{r}{2\sqrt{km}} \quad (2.18)$$

dimana r_c adalah *critical damping*.

atau rasio redaman (D) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D = \frac{f_2 - f_1}{2f_r} \quad (2.19)$$

dimana f_r frekuensi resonansi.

Nilai f_1 dan f_2 diperoleh dari perpotongan grafik pada daerah frekuensi pribadi dengan nilai:

$$\frac{1}{2}\sqrt{2} \cdot a \quad (2.20)$$

dimana a adalah nilai amplitudo pada frekuensi pribadi sistem.

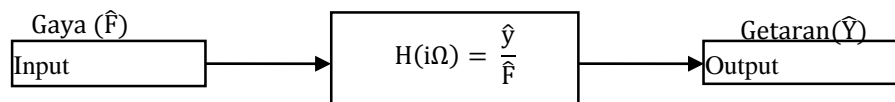
Nilai redaman dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$r = 2D\sqrt{km} \quad (2.21)$$

atau nilai redaman sistem bisa juga ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$r = 2 \cdot D \cdot \omega_0 \cdot m$$

Analisis untuk system getaran paksa ditentukan dari hubungan input-output fungsi frekuensi dari fungsi transfer $H(i\Omega)$ seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.13 berikut:



Gambar 2.13 Sistem analisis getaran



Fungsi respon frekuensi adalah rasio respon getaran (\hat{Y}) dengan gaya eksitasi (\hat{F}) sebagai karakteristik penguatan amplitudo getaran sehingga perbandingan amplitudo getaran dan gaya eksitasi adalah sebagai berikut:

$$H(i\Omega) = \frac{\hat{Y}e^{i\Omega t}}{\hat{F}e^{i\Omega t}} = \frac{\hat{Y}}{\hat{F}} \quad (2.22)$$

dengan demikian maka fungsi transfer persamaan (2.18) antara getaran dan gaya eksitasi adalah sebagai berikut:

$$H(i\Omega) = \frac{\hat{Y}}{\hat{F}} = \frac{1}{1-\eta^2+i2D\eta} \quad (2.23)$$

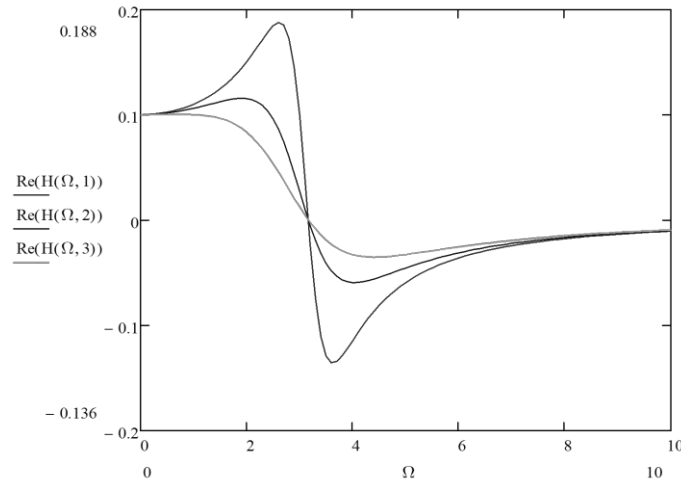
dengan mengalikan persamaan (2.19) dengan bilangan kompleks konjugasinya maka diperoleh persamaan berikut:

$$\begin{aligned} H(i\Omega) &= \frac{1}{1-\eta^2+i2D\eta} \times \frac{1-\eta^2-i2D\eta}{1-\eta^2-i2D\eta} \\ &= \frac{1-\eta^2}{(1-\eta^2)^2+4D^2\eta^2} - \frac{2Di\eta}{(1-\eta^2)^2+4D^2\eta^2} \end{aligned} \quad (2.24)$$

Dengan demikian maka komponen real dari fungsi transfer tersebut adalah:

$$R_e[H(\Omega)] = \frac{1-\eta^2}{(1-\eta^2)^2+4D^2\eta^2} \quad (2.25)$$

Contoh gambar grafik komponen real dari fungsi transfer ditunjukkan pada gambar 2.14 berikut ini.



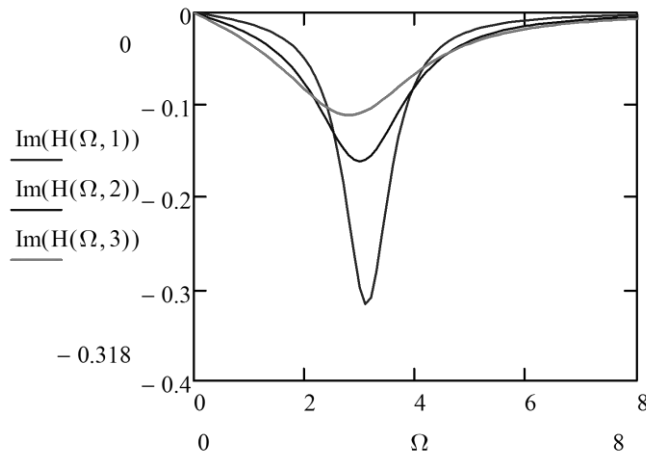
Gambar 2.14 Grafik komponen real dari suatu fungsi transfer

Komponen imajiner dari fungsi transfer tersebut adalah:

$$Im[H(\Omega)] = \frac{-2Di\eta}{(1-\eta^2)^2+4D^2\eta^2} \quad (2.26)$$



Contoh gambar grafik komponen imajiner ditunjukkan pada gambar 2.15 berikut:

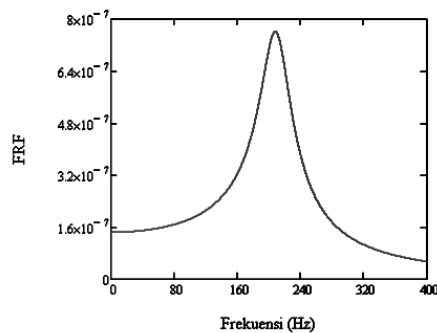


Gambar 2.15 Grafik komponen imajiner dari suatu fungsi transfer

Untuk harga absolut dari fungsi transfer memiliki persamaan umum sebagai berikut:

$$|H(i\Omega)| = \sqrt{[\text{Re}\{H(i\Omega)\}]^2 + [\text{Im}\{H(i\Omega)\}]^2} \quad (2.27)$$

Contoh grafik fungsi transfer yang merupakan karakteristik penguatan amplitudo getaran satu derajat kebebasan ditunjukkan pada gambar 2.16 berikut ini.



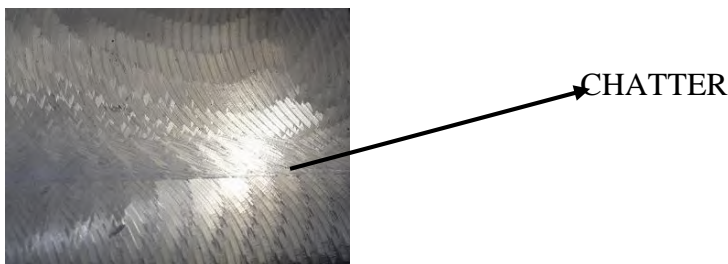
Gambar 2.16 Grafik karakteristik penguatan amplitudo getaran satu derajat kebebasan

2.2.8 Chatter

Chatter merupakan getaran yang timbul pada saat proses pemotongan berlangsung dimana amplitudonya naik tinggi secara tiba-tiba pada kedalaman potong tertentu dan terjadi pada daerah tidak stabil. *Chatter* terjadi jika pengaturan parameter permesinan tidak sesuai. *Chatter* adalah fenomena terjadinya getaran yang berlebihan pada saat proses pemesinan sedang



berlangsung, dimana proses tersebut masuk dalam daerah kritis/tidak di ijinan yaitu daerah tidak stabil (*unstable*). *Chatter* disebabkan oleh perubahan tebal geram dan perubahannya proporsional dengan perubahan gaya potong yang mengeksitasi sistem getaran mesin perkakas. Getaran yang berlebihan tidak hanya terjadi antara pahat dan benda kerja saja tetapi juga pada seluruh struktur mesin perkakas seperti spindle head, bantalan, poros penggerak, ulir penggerak dan lain-lain (Suhardjono, 2000). *Chatter* suatu hal yang harus dihindari dalam proses penggerindaan karena dapat menyebabkan timbulnya gelombang yang berlebihan pada permukaan hasil pemotongan sehingga menurunkan kualitas suatu produk. Kerugian lain yang bisa ditimbulkan oleh *chatter* adalah meningkatnya kecepatan keausan pahat (batu gerinda), timbulnya suara bising yang dapat mengganggu pendengaran operator dan penurunan umur mesin perkakas. Karena banyaknya kerugian yang dapat disebabkan oleh *chatter* baik pada produk, pahat (batu gerinda), operator maupun pada mesin perkakas maka sebaiknya *chatter* harus dihindari selama proses penggerindaan. Beberapa upaya yang mungkin dilakukan untuk menghindari terjadinya *chatter* selama pemotongan adalah dengan mengetahui batas stabilitas proses pemotongan dari suatu mesin perkakas dan dengan menggunakan alat bantu sistem peredam untuk mengurangi terjadinya getaran selama proses pemotongan berlangsung. Contoh permukaan produk hasil penggerindaan yang mengalami *chatter* dapat dilihat pada Gambar 2.17 berikut ini.

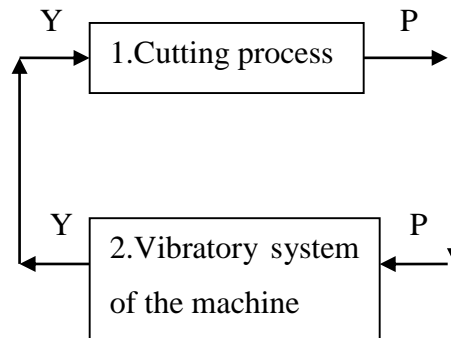


Gambar 2.17 Permukaan benda kerja yang mengalami *chatter* pada proses *surface grinding*

Gambar 2.17 di bawah ini menunjukkan bahwa diagram tertutup dari proses pemotongan, proses pemotongan menimbulkan gaya potong (P) yang menyebabkan getaran pada mesin, getaran pada mesin menyebabkan terjadinya



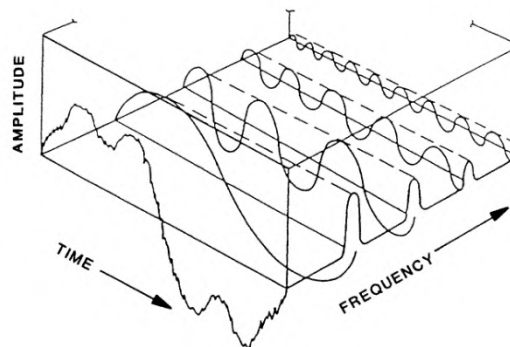
defleksi (Y), terus menerus proses berjalan getaran yang timbul bisa menjadi semakin besar. Diagram dasar chatter tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2.18 Diagram dasar *chatter* (Koenigsberger dan Tlustý, 1970)

2.2.9 Time dan Frekuensi Domain

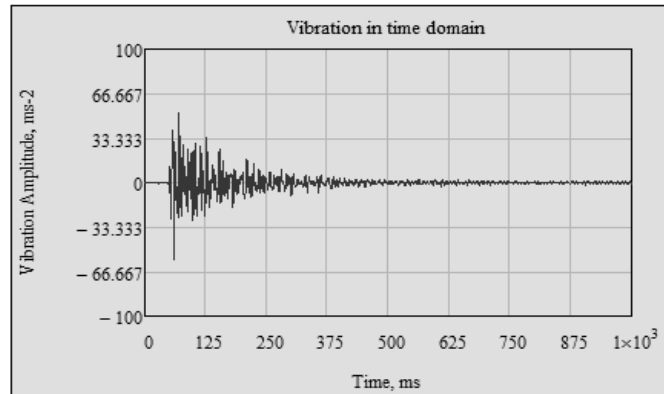
Gambar di bawah ini merupakan gelombang sinusoidal yang sederhana, dimana masing-masing gelombang sinusoidal mempunyai harga amplitudo dan frekuensi yang berbeda-beda. Di mana grafik amplitudo di bawah ini menunjukkan tingkat keparahan pada getaran. Hubungan antara *time domain* dan frekuensi domain terlihat pada Gambar 2.19 berikut ini.



Gambar 2.19 Hubungan antara time domain dan frekuensi domain (Mobley, 1999)

a. *Time domain*

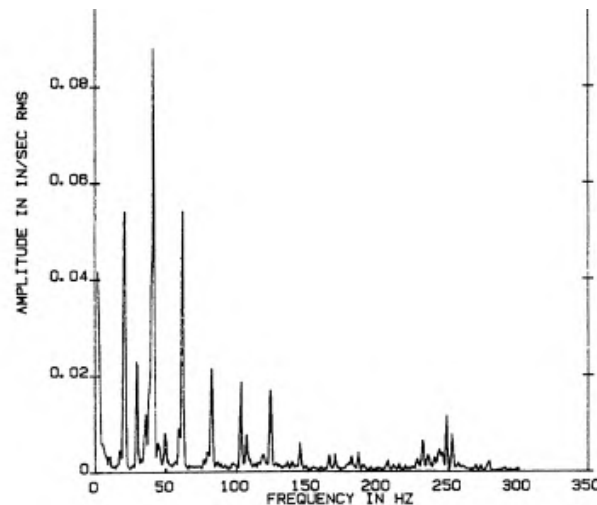
Pengukuran getaran biasanya dinyatakan dalam time domain, bentuk dan data getaran digambarkan sebagai amplitudo versus waktu seperti yang terlihat pada layar osiloskop. layar tersebut menunjukkan dua sumbu yaitu sumbu vertikal (sumbu-y) menyatakan amplitudo dan sumbu horisontal (sumbu-x) menyatakan waktu. seperti yang terlihat pada Gambar 2.20 berikut ini.



Gambar 2.20 *Time domain*

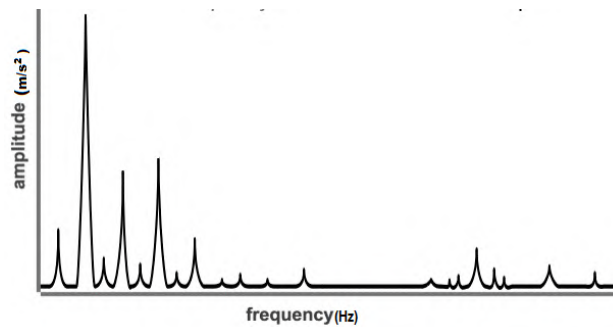
b. Frekuensi domain

Cara lain dalam menentukan respon getaran adalah dengan melihat frekuensi domain. Fourier menunjukkan bahwa signal harmonik yang kompleks dapat dipecah menjadi beberapa gelombang sinusoidal yang sederhana, dimana pada masing-masing gelombang sinusoidal tersebut memiliki amplitudo dan frekuensi yang berbeda-beda. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.21 berikut ini.



Gambar 2.21 Frekuensi domain (mobley, 1999)

Amplitudo getaran mengidentifikasi tingkat keparahan suatu masalah, sedangkan frekuensi getaran mengidentifikasi sumber dari masalah. Hubungan antara amplitudo dan frekuensi getaran terlihat pada Gambar 2.22 berikut ini.



Gambar 2.22 Amplitudo vs frekuensi

2.2.10 Parameter dan Klasifikasi Pengukuran

Dalam pengukuran vibrasi mekanik dapat di klasifikasikan/di kelompokkan menjadi 4 parameter pengukuran (Mobley, 1999) sebagaimana berikut :

1. Amplitudo

Merupakan simpangan atau nilai maksimum dari suatu getaran. nilai amplitudo dapat diambil dari *displacement* (mm), *velocity* (mm/s), dan *acceleration* (mm/s²). Amplitudo juga dapat diukur sebagai jumlah dari gaya yang menyebabkan getaran.

2. Perpindahan (*Displacement*)

Merupakan perubahan aktual jarak atau posisi suatu objek relatif pada titik referensi. Dan digunakan satuan mm, micrometer, atau mill.

3. Kecepatan (*velocity*)

Merupakan rata-rata perubahan waktu dari *displacement*. Dengan satuan in/sec (ips), m/s atau mm/s.

4. Percepatan (*Acceleration*)

Merupakan rata-rata perubahan waktu dari kecepatan. umumnya dalam satuan g, m/s², in/sec² atau mm/sec².

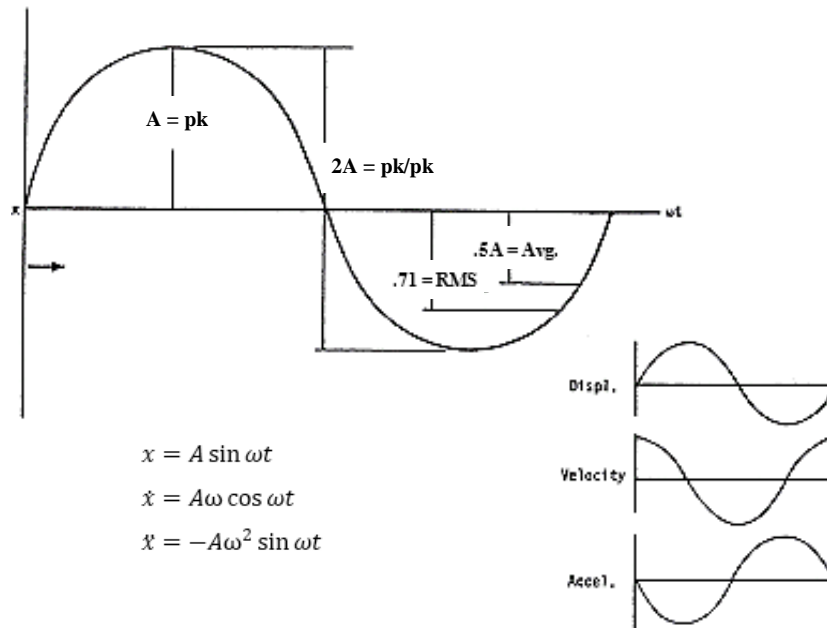
Hubungan antara perpindahan, kecepatan dan percepatan dapat dilihat pada Gambar 2.23. Adapun penjelasan mengenai *peak to peak* (pk-pk), *peak* (pk), *root mean square* (rms) dan *Average Amplitude* adalah sebagai berikut:

- Peak to peak Amplitude* (Pk-Pk) adalah total amplitudo yang dihasilkan oleh mesin atau jarak dari titik negatif ke titik positif suatu getaran.
- Peak Amplitude* (Pk) adalah nilai amplitudo getaran atau nilai maksimum suatu getaran dari titik nol.



- c. *Root mean square Amplitude* (RMS) adalah akar kuadrat dari nilai kuadrat rata-rata dari suatu getaran atau disebut juga nilai rata-rata efektif dari amplitudo yang dihasilkan oleh suatu mesin.
- d. *Average Amplitude* adalah nilai rata-rata dari suatu amplitudo getaran.

Sebagai ilustrasi di tunjukan pada gambar 2.23



Gambar 2.23 Hubungan *peak to peak* (pk-pk), *peak* (pk), *root mean square* (rms) dan *Mean*

Untuk *peak level* amplitudo berasal dari nilai amplitudo maksimum suatu getaran (a) dan *peak to peak level* amplitudo bisa dihitung dengan menjumlahkan nilai maksimum dan minimum dalam satu periode getaran (T).

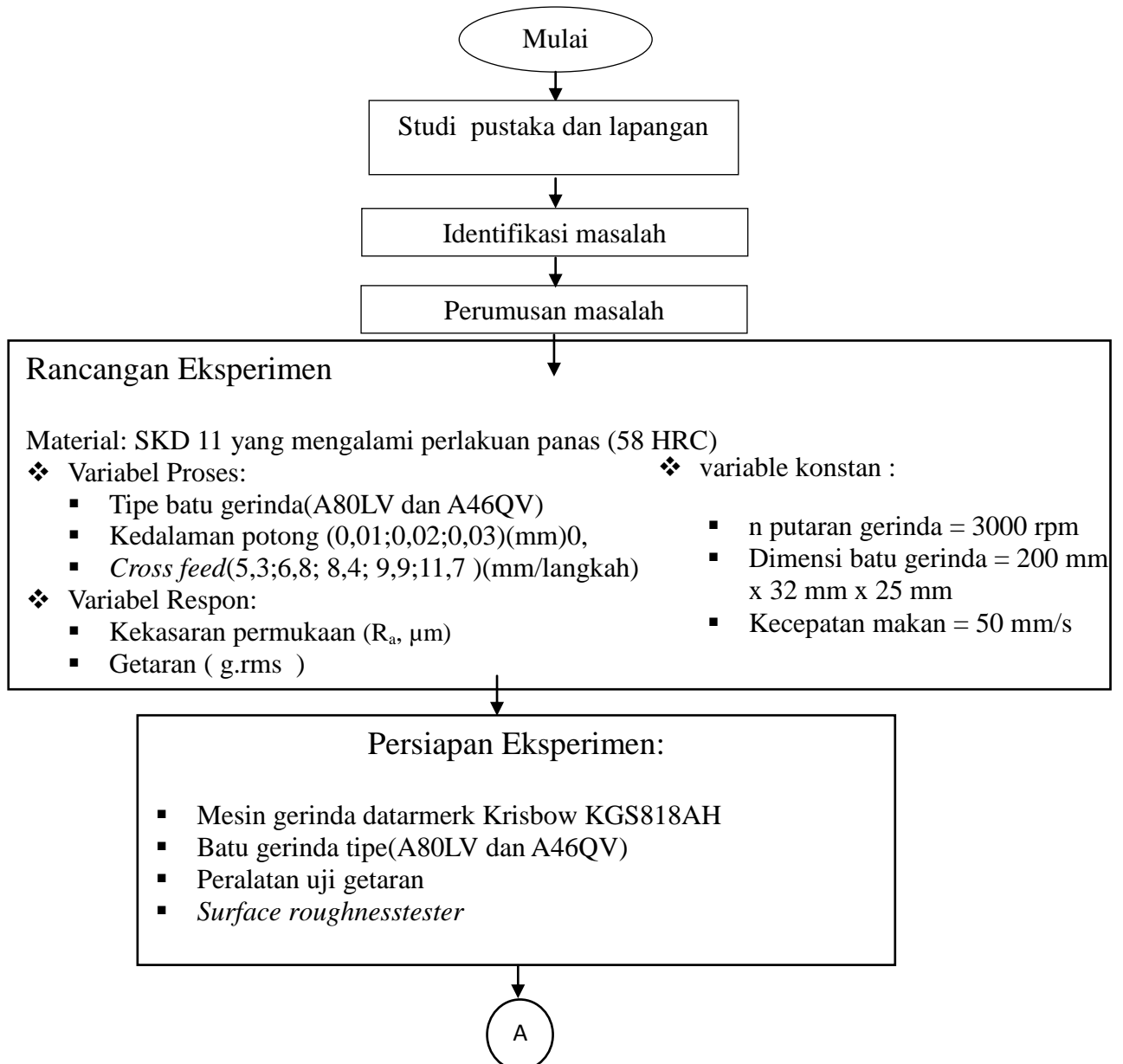


BAB 3

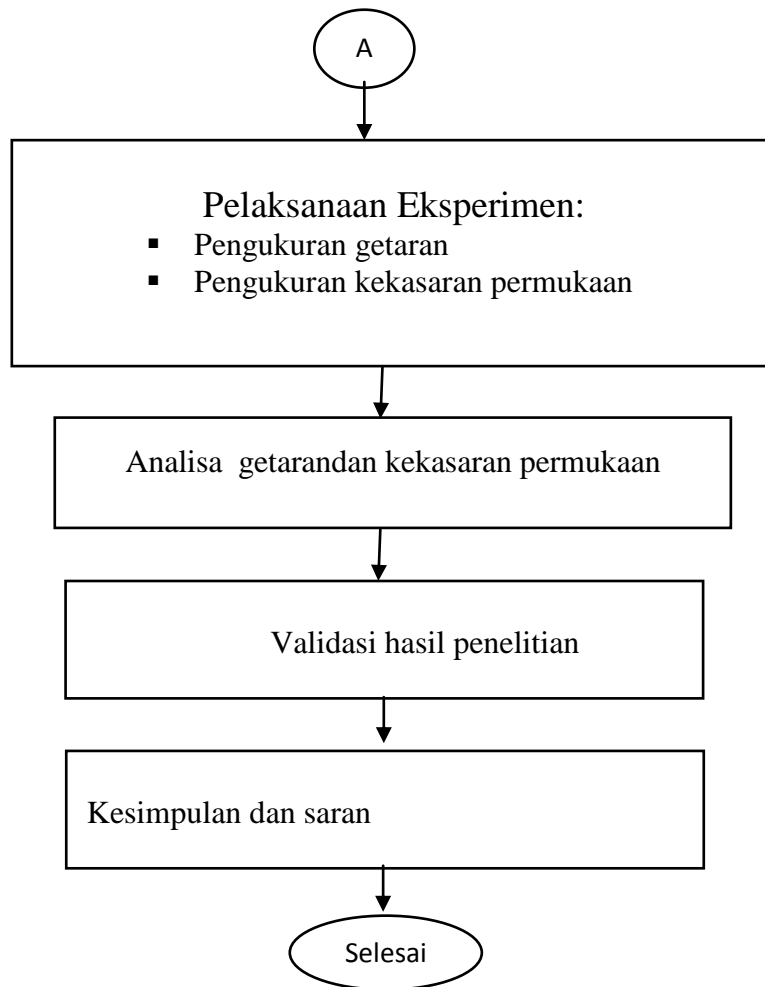
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Agar penelitian yang akan dilakukan dapat terarah dan mengena pada tujuan, maka dilakukan tahapan pengerjaan dengan mengikuti diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.1 dan 3.2 berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir metodologi penelitian (lanjutan)

3.2 Tahapan-tahapan penelitian

3.2.1 Studi pustaka dan lapangan

Sebelum melakukan penelitian tahapan awal adalah studi pustaka dari berbagai jurnal dan buku tentang getaran (*chatter*) dan kekasaran permukaan pada mesin gerinda datar.

3.2.2 Identifikasi masalah

Fakta lapangan dalam bidang manufaktur untuk mengukur kekasaran permukaan masih dilakukan secara manual yaitu menggunakan alat *surf test*, dan hal itu dilakukan satu-persatu setiap benda uji. Hal ini membuat pengukuran kekasaran permukaan butuh waktu lama dan kurang efisien, sehingga diperlukan penelitian tentang hubungan getaran dan kekasaran permukaan, maka dari itu penelitian ini diharapkan mampu memprediksi nilai



kekasaran permukaan hanya dengan mengukur level getarannya saja tanpa harus mengukur kekasaran tiap selesai penelitian.

3.2.3 Perumusan masalah

Hal yang akan dirumuskan, seperti besarnya amplitudo level getaran pada setiap *grit* batu gerinda, nilai kekasaran permukaan yang bisa dicapai dan hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan pada masing-masing batu gerinda tipe A80LV dan A46QV.

3.2.4 Rancangan eksperimen

Melakukan pengaturan parameter proses seperti kedalaman potong, cross feed pada mesin gerinda datar. Memilih jenis batu gerinda *aluminum oxide type* A80LV dan A46QV sesuai dengan material yang digunakan dalam penelitian yaitu *hardened tool steel* SKD11 dengan dimensi yang ditentukan, meja magnetik pada mesin gerinda datar berfungsi untuk mencekam benda kerja. Penentuan variabel konstan seperti kecepatan makan dan putaran spindle batu gerinda pada penelitian ini, dirancang untuk mengetahui variabel respon seperti getaran dan kekasaran permukaan.

3.2.5 Persiapan eksperimen

Sebelum melakukan eksperimen persiapan yang dilakukan adalah memastikan mesin dalam keadaan baik, parameter proses dan parameter konstan sudah diatur sesuai dengan rancangan penelitian. Melakukan pemasangan benda kerja yang dicekam pada meja magnetik dan memasang alat uji getaran pada benda kerja. Sensor accelerometer sebanyak 2 buah di pasang pada sumbu x untuk mengukur getaran pada sumbu x (di tunjukan pada titik A) dan sumbu z untuk mengukur getaran pada sumbu z (di tunjukan pada titik B). Kemudian titik A dan titik B pada sensor accelerometer di hubungkan pada penguat tegangan (power supply) lalu dihubungkan dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) yang merubah sinyal analog menjadi digital kemudian disambungkan ke PC komputer untuk melihat nilai getaran pada software oscilloscope. Setelah siap semua baru proses pemotongan/pengerindaan dilakukan, maka selanjutnya mempersiapkan alat ukur kekasaran permukaan yang digunakan untuk mengukur nilai kekasaran permukaan benda kerja.



3.2.6 Pelaksanaan eksperimen

Pengukuran amplitudo getaran dilakukan pada saat proses pemotongan/penggerindaan, sehingga didapat data percepatan yang tersimpan pada komputer dengan menggunakan alat *accelerometer*. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran kekasaran permukaan (R_a) dengan menggunakan alat *surf test*.

3.2.7 Analisa getaran dan kekasaran permukaan

Setelah pengukuran level getaran dan kekasaran permukaan di peroleh, maka hasilnya kemudian dianalisa untuk mencari hubungan antara amplitudo level getaran dengan kekasaran permukaan. Untuk data getaran dari *time domain* ditransformasikan ke frekuensi domain dengan *fast fourier transform* (FFT) yang terdapat pada software mathCAD. Kemudian dihitung level getarannya berupa *rms* (*root mean square*), *peak*, dan *peak to peak* yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Dari tabel dan grafik tersebut dicari hubungan antara amplitudo dengan *cross feed* apakah ada hubungan yang signifikan antara besarnya *cross feed* dengan besarnya amplitudo pada kedalaman potong tertentu.

Untuk data kekasaran permukaan dianalisa dengan menghubungkan besarnya amplitudo dan *cross feed* dengan kekasaran permukaan. Setelah mengetahui grafik dari hubungannya maka selanjutnya menghubungkan besarnya amplitudo dengan kekasaran permukaan dengan harapan amplitudo memiliki kontribusi dalam menentukan nilai kekasaran tanpa harus mengukur nilai kekasarannya dengan cara mencari persamaan rumusan dari grafik tersebut.

3.2.8 Validasi hasil penelitian

Data yang di dapat dari hasil penelitian perlu di lakukan validasi metode yang di pakai yaitu membandingkan dengan hasil peneliti-peneliti sebelumnya (tinjauan pustaka) dan di lakukan uji hipotesa serta analisa varian (ANOVA) dengan tujuan apakah ada pengaruh signifikan dari perbedaan data yang di peroleh dengan parameter yang sama jika dilakukan replikasi level percobaan.



3.2.9 Kesimpulan dan saran

Dari hasil dan pembahasan di atas dapat dibuat kesimpulan dan saran sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini.

3.3 Variabel Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah merupakan data primer yang diperoleh dari hasil penelitian. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Variabel Proses

Variabel proses merupakan variabel yang dapat dikendalikan dan nilainya dapat ditentukan berdasarkan tujuan dari penelitian. Variabel proses yang digunakan pada penelitian ini adalah Tipe abrasif batu gerinda (A80LV dan A46QV) *cross feed* (5,3; 6,8; 8,4; 9,9; 11,7) (mm/langkah) dan kedalaman potong (0,01; 0,02; 0,03) (mm) sampai terjadi *chatter*.

3.3.2 Variabel Konstan

Variabel konstan merupakan variabel yang tidak diteliti dalam penelitian. Nilai variabel ini dijaga konstan agar tidak berubah selama penelitian, sehingga tidak mempengaruhi variabel respon. Variabel yang menjadi variabel konstan pada penelitian ini adalah putaran batu gerinda 3000 rpm, kecepatan makan 50 mm/s dan dimensi batu gerinda = 200 mm x 32 mm x 25 mm.

3.3.3 Variabel Respon

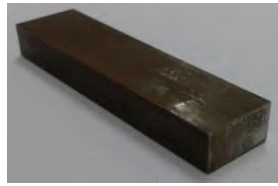
Variabel respon merupakan variabel yang akan diamati dalam penelitian. Nilai variabel ini dipengaruhi oleh nilai variabel proses yang telah ditentukan. Variabel respon yang digunakan pada penelitian ini adalah getaran (g_{rms}) dan kekasaran permukaan (μm)

3.4 Bahan, tempat dan peralatan eksperimen

3.4.1 Bahan eksperimen

1. Benda Kerja

Material yang digunakan adalah baja perkakas SKD-11 yang memiliki kekerasan sebesar 58HRC dengan dimensi 300 mm x 60 mm x 20 mm, material benda kerja yang akan digunakan di tunjukan pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3 Benda kerja SKD-11

Sedangkan komposisi kimia dan sifat mekanik dari SKD-11 dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Komposisi kimia SKD 11

Jenis Kimia	Persentase (%)
<i>Carbon (C)</i>	1.55
<i>Silicon (Si)</i>	0.25
<i>Manganese (Mn)</i>	0.30
<i>Phosphorus</i>	0.024
<i>Chromium (Cr)</i>	11.50
<i>Nickel (Ni)</i>	0
<i>Molybdenum (Mo)</i>	0.70
<i>Vanadium (V)</i>	1.00
<i>Copper (Co)</i>	0

Sumber: Paragon catalog specialty metals and services

2. Batu gerinda

Penelitian ini menggunakan batu gerinda dengan tipe abrasif yang berbeda. Spesifikasi batu gerinda pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi batu gerinda

Kodifikasi	A46LV	A120MV
Jenis	<i>Alluminum Oxide</i>	<i>Alluminum Oxide</i>
Ukuran <i>grit</i>	46	120
Dimensi:		
Diameter luar (mm)	200	200
Diameter dalam (mm)	32	32
Tebal (mm)	25	25
Maksimum putaran (RPM)	3000	3000



3.4.2 Tempat eksperimen

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Proses Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.4.3 Peralatan eksperimen

Peralatan yang digunakan pada eksperimen ini adalah mesin gerinda permukaan, peralatan ukur dan peralatan bantu. Peralatan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mesin Gerinda Permukaan

Mesin gerinda permukaan yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin gerinda permukaan yang berada di Laboratorium Proses Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3.4 Mesin gerinda permukaan tipe KGS818AHD

Mesin gerinda permukaan tipe KGS818AHD memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Jenis Mesin	: <i>Surface Grinding</i>
Type	: KGS818AHD
Dimensi meja kerja	: 200 x 500 mm
Kecepatan putaran	: 3000 rpm
Dimensi batu gerinda	: 200x25x32 mm



2. *Power Supply ACC – PS1 Omega*

Peralatan ini berfungsi sebagai sumber arus sensor dinamik seperti transduser pada *impulse hammer*. *Power supply* ini mampu memberikan arus sebesar 2mA dengan tegangan +18 VDC. Arus dan tegangan pada *power supply* ini tidak dapat diatur atau bersifat konstan. Sumber energi *power supply* didapatkan dari dua buah baterai tipe-AA. Pada panel depan *power supply* terdapat sebuah voltmeter untuk memantau tegangan operasi. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 sebagai berikut:



Gambar 3.5 *Power supply* tipe ACC-PS1 omega

3. *Analog to Digital Converter* tipe ADC 4262 Pico-Technology

Peralatan ini merupakan suatu unit *interface* yang berfungsi untuk mengubah signal analog ke signal digital. ADC 4262 memiliki dua channel input sehingga mampu mengolah dua signal secara bersamaan. Luaran dari alat ini merupakan signal digital yang siap diolah didalam personal computer dengan menggunakan perangkat lunak PicoScope. Seperti yang ditunjukan pada gambar 3.6 sebagai berikut:



Gambar 3.6 *Analog to digital converter* Tipe 4262

4. *Accelerometer*

Peralatan ini berfungsi untuk mengukur respon getaran berupa akselerasi yang terjadi pada benda kerja. Signal analog yang dikeluarkan oleh *Accelerometer* selanjutnya dikirim ke *Analog to Digital Converter* (ADC)



untuk diubah menjadi signal digital. Adapun gambar *Accelerometer* Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7 sebagai berikut:



Gambar 3.7 *Accelerometer*

5. *Surface Roughness Tester*

Pengukuran nilai kekasaran permukaan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Mitutoyo *Surftest301*, alat ini memiliki kecermatan sebesar $0,01 \mu\text{m}$. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.8 sebagai berikut:



Gambar 3.8 Mitutoyo *surftest301*

6. Komputer

Sebuah perangkat yang digunakan untuk menganalisa, mengolah, menampilkan dan simulasi data hasil penelitian, seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Perangkat computer

7. Batu gerinda *aluminium oxide*



Dimensi batu gerinda yang digunakan pada penelitian ini adalah 200 x 25 x 32 (mm) dengan dua ukuran butiran (*grain size/ grit*) 80 dan 46. Adapun gambar batu gerinda seperti pada Gambar 3.10.

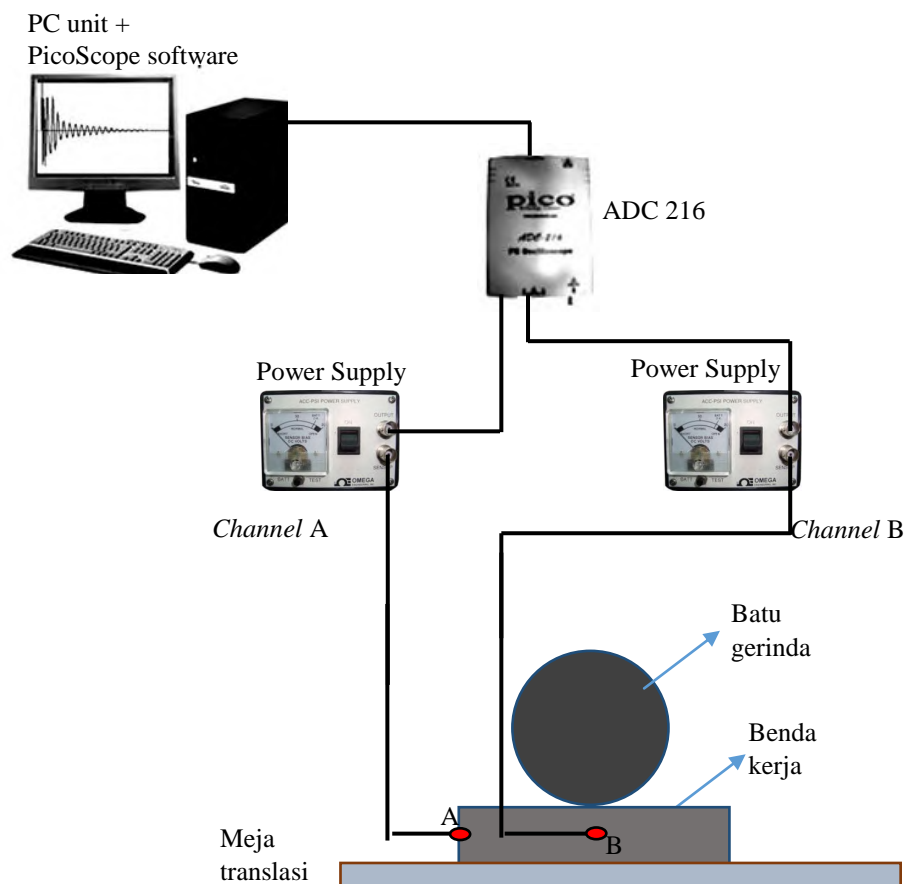


Gambar 3.10 Batu gerinda *aluminium oxide*

3.5 Set-up Eksperimen

3.5.1 Skema Pemasangan Peralatan Uji Pemotongan

Sebelum melakukan pengambilan data maka peralatan pengujian harus sudah terpasang seperti di tunjukan pada gambar 3.11 sebagai berikut :





Gambar 3.11 *Set-up* peralatan eksperimen

Pada gambar 3.11 terlihat bahwa *set-up* peralatan eksperimen terdapat 2 sensor *accelerometer* yang dipasang pada benda kerja untuk mengukur getaran pada arah sumbu x dengan notasi A dan sumbu z dengan notasi B. pada masing-masing sensor terdapat penguat tegangan (*power supply*). Terdapat ADC pico yang merubah sinyal analog menjadi digital, kemudian disimpan dalam PC komputer untuk ditransformasikan dari domain waktu menjadi domain frekuensi.

3.5.2 Prosedur Eksperimen :

A. Tahap persiapan:

1. Siapkan mesin surface grinding dan benda kerja yang akan digunakan untuk uji pemotongan.
2. Melakukan *dressing* pada batu gerinda, sebelum dilakukan penelitian agar kondisi permukaan batu gerinda rata.
3. Cekam benda kerja pada mesin surface grinding dengan sistem pencekaman *meja magnet* sebelum dilakukan uji pemotongan .
4. Melakukan setting titik nol benda kerja terhadap batu gerinda.
5. Melakukan *setting* parameter proses, seperti kedalaman potong dan cross feed sebagai variabel proses dan *kecepatan makan* sebagai variabel konstan
6. Memasang dan merakit alat uji getaran, seperti PC, ADC *picoscope*, kabel, *accelerometer*, dan *power supply* seperti gambar 3.11. Kemudian dilakukan pengujian awal terhadap kerja *accelerometer* dengan cara mengetuk benda kerja, sehingga timbul eksitasi getaran pada layar komputer.
7. Lakukan pengaturan pada tampilan PicoScope seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.12 berikut:



Gambar 3.12Tampilan layar software ADC picoscope

B. Tahap pemotongan:

1. Klik tombol start/running pada display PicoScope sebagai tanda akan dimulainya pengambilan data.
2. Nyalakan mesin surface grinding, putaran spindel utama (batu gerinda)bergerak searah putaran jarum jam.
3. Melakukan pemotongan dengan cara benda kerja bergerak translasi dan batu gerinda berputar searah jarum jam bergerak turun sesuai dengan kedalaman potong yang ditetapkan, hingga bersentuhan dan terjadi pemotongan. Pemotongan dilakukan hingga terjadi *chatter* yang ditandai dengan suara bising yang berlebihan dan meningkatnya kekasaran permukaan hasil pemotongan. Getaran yang terjadi akan terbaca oleh *accelerometer* yang terpasang pada material benda kerja. *Signal* getaran yang masih berbentuk analog selanjutnya dikirim ke *ADC* melalui *constant curret power supply* untuk diubah menjadi signal digital. Selanjutnya signal digital dikirim ke komputer dengan bantuan perangkat lunak PicoScope sebagai *spectrum analyser*, signal tersebut diubah menjadi spektrum gelombang yang dapat



dibaca dilayar monitor. Kemudian spektrum tersebut dapat disimpan ke dalam bentuk file lain (*convert*), misalnya dalam bentuk text file (.txt), sehingga data tersebut bisa diolah menggunakan perangkat lunak MathCad untuk mendapatkan nilai respon frekuensi dan amplitudonya.

3.6 Langkah Pengukuran Kekasaran Permukaan

A. Tahap Persiapan:

1. Siapkan benda kerja yang telah digerinda (uji pemotongan), yang sebelumnya sudah dibersihkan terlebih dahulu.
2. Siapkan alat *surf test* yang sudah dirangkai, meja perata dan penyangga dengan panjang sampel 0,8 mm.

B. Tahap Pengukuran:

1. Meletakkan benda kerja yang akan diuji pada meja perata.
2. Lakukan pengaturan dial indicator (berupa jarum) sehingga ujung dari dial indicator surf test berada dalam posisi stabil (di tengah skala) pada pembacaan skala tekanan terhadap permukaan objek (benda kerja) yang akan diukur.
3. Memasukkan faktor-faktor seperti panjang (*length*) dari permukaan objek yang ingin diperiksa, standar yang ingin digunakan adalah Ra (roughness average).
4. Melakukan pengambilan data pada 5 titik dan masing-masing titik diambil 3 data sampel, dimana posisi dial indicator bergerak dengan konstan sesuai dengan sumbu horizontal dan sejajar benda uji (berada pada garis lurus).
5. Tekan start untuk memulai pengukuran kekasaran sehingga di ketahui nilainya.
6. Tekan *print* untuk mencetak hasil dari pengukuran kekasaran permukaan yang telah terecorder oleh alat *surf test* tersebut.

C. Skema pengukuran kekasaran permukaan ada pada lampiran 1A.

3.7 Metode Curve Fitting

Merupakan proses *data-smoothing* sebagai pendekatan terhadap kecenderungan data-data dalam bentuk persamaan model matematis, atau



untuk memperkirakan/mencocokkan nilai data pada titik-titik yang belum diketahui. Terdapat dua kategori persamaan model matematika, yang pertama adalah persamaan analitik, berdasarkan pada teori dasar dan fenomena fisik sistem yang diteliti, dan yang kedua adalah persamaan empirik, berdasarkan hubungan antara input dan output sistem yang diteliti. Pada proses *curve fitting*, data-data yang bersifat diskrit bisa dibuat menjadi *continue*. Terdapat dua pendekatan dalam proses *curve fitting* adalah sebagai berikut:

1. Regresi kuadrat terkecil (*least square regression*)

Apabila data yang tersaji memiliki tingkat kesalahan/penyimpangan (SSE) yang minimum. Merupakan sebuah metode umum yang banyak digunakan dalam mengolah data-data yang ingin ditampilkan.

2. Interpolasi

Untuk tingkat ketelitian data yang disajikan lebih baik, maka interpolasi ini dipakai. Terdapat 2 tipe interpolasi, yang pertama adalah interpolasi linier, yaitu dengan menghubungkan titik-titik data secara garis lurus, dan yang kedua adalah interpolasi polinomial yang menghubungkan titik-titik data dalam bentuk kurva.

Untuk data trend yang diberikan hanya membandingkan bahwa data penelitian linier atau non linier. Pada penelitian ini, digunakan pendekatan polinomial pangkat dua (orde 2), karena data hasil pengukuran kekasaran dan data hasil pengujian getaran bukan merupakan data linier. Kedua respon (hasil) tersebut menunjukkan fenomena sebaran data yang naik secara acak dan signifikan mendekati bentuk kurva, sehingga pendekatannya cukup dengan pangkat terkecil (orde 2) dalam menentukan hubungan grafik respon tersebut.

3.8 Metode Mendapatkan Nilai Parameter *Cross Feed*

Di bawah ini merupakan gambar skala *cross feed*, dalam menentukan nilai parameter perlu di lakukan konversi dengan cara putar potensio searah jarum jam pada skala 1 maka pada penunjuk skala gerak *cross feed* menunjukan 2 garis sehingga dari nilai 2 garis di kalikan nilai tiap garis sebesar 0,02 mm hasil yang di dapat adalah 0,04 mm begitu seterusnya sampai

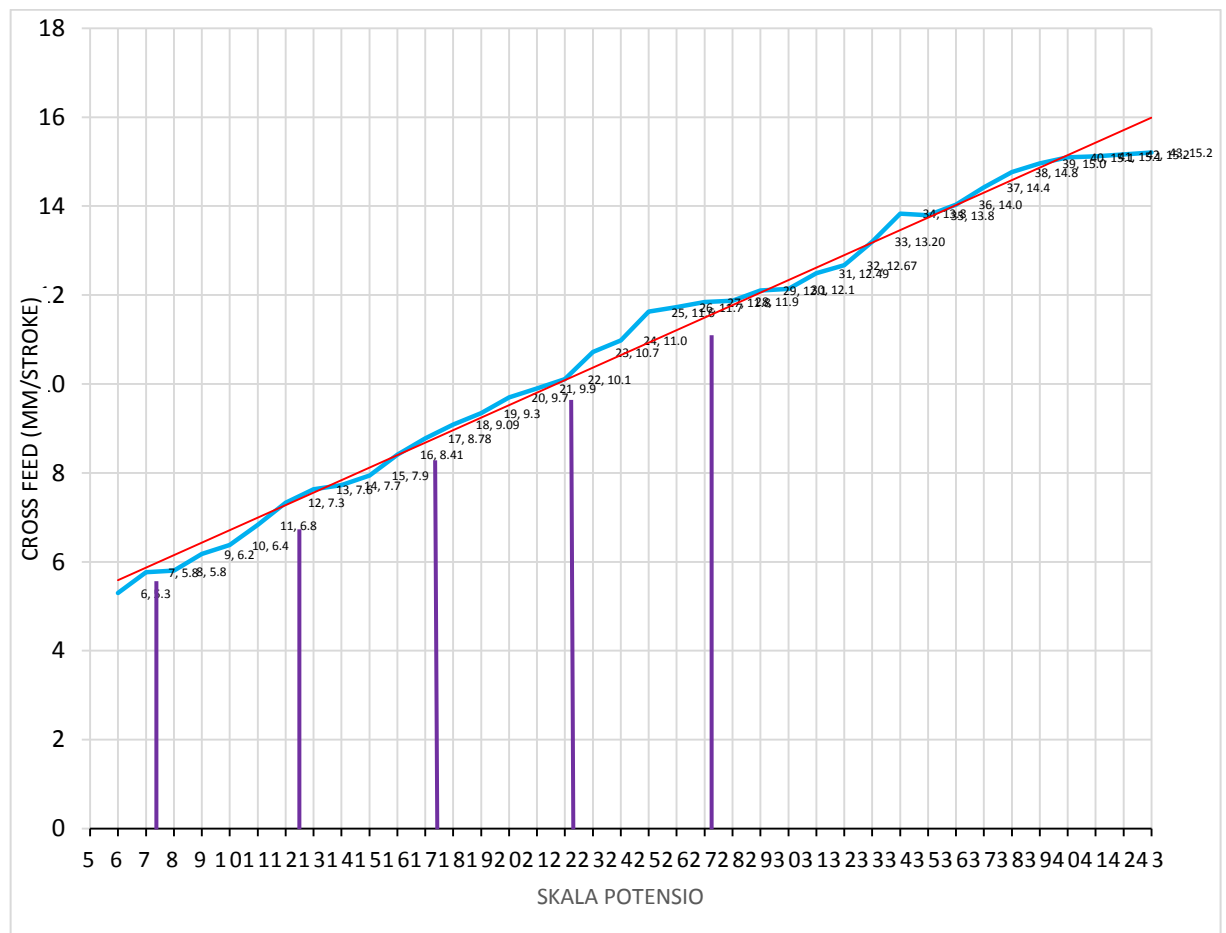


pada potensio skala 45 sebagaimana di tunjukan pada tabel 3.3 pada halaman 48. Adapun gambar tombol skala cross feed di tunjukan pada gambar 3.13 sebagai berikut:

Table 3.3 Parameter *cross feed* pada mesin gerinda rata tipe KGS818AHD

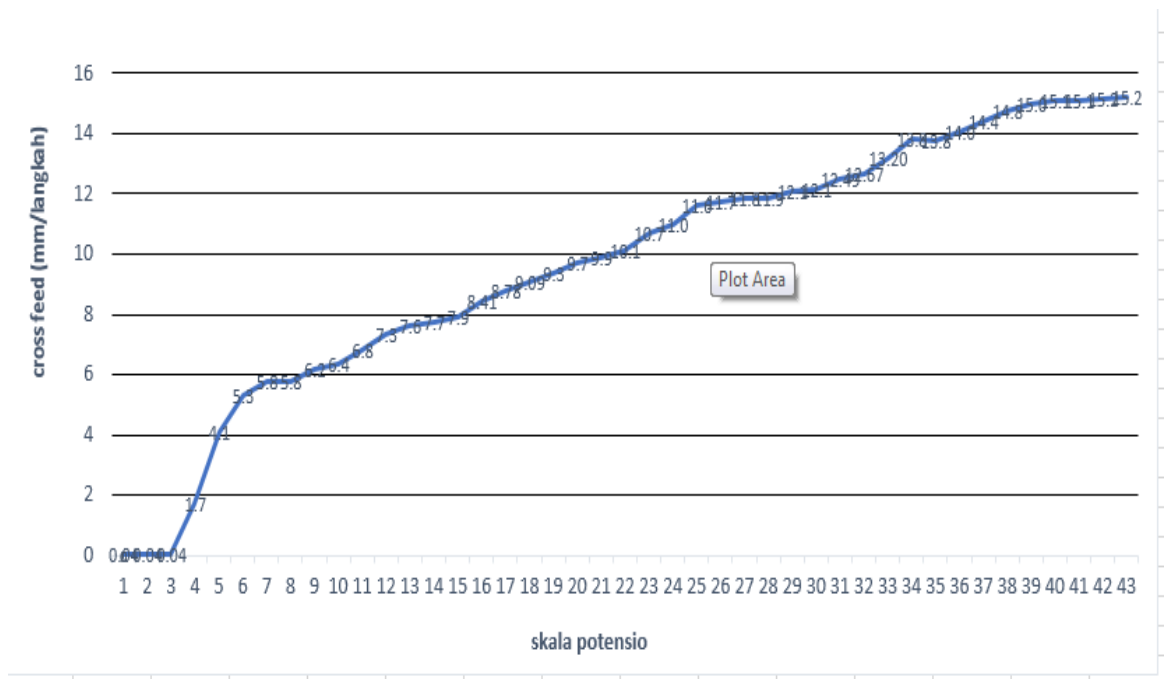
nilai satu putaran eretan 230 x 5 mm																																
skala tombol potensio						6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26						
jumlah sample						jumlah garis skala																	jumlah garis skala									
1								238	280	290	310	325	345	374	390	365	395	415	432	451	477	486	490	505	521	549	575	585				
2								269	285	289	310	315	322	363	388	391	391	425	440	453	462	485	500	515	532	535	590	590				
3								277	297	282	307	315	340	369	373	398	397	415	434	450	470	484	486	500	550	550	579	583				
4								272	288	292	308	321	350	358	381	390	406	432	448	451	460	480	485	505	537	560	582	588				
5								268	291	297	310	319	351	369	376	387	397	416	440	467	467	489	485	502	540	550	580	586				
rata-rata sample								265	288	290	309	319	342	367	382	386	397	420.6	438.8	454.4	467.2	484.8	495	505.4	536	548.8	581.2	586.4				
rata-rata sample di kalikan konversi 0,02 (mm/stroke)								5.3	5.8	5.8	6.2	6.4	6.8	7.3	7.6	7.7	7.9	8.41	8.78	9.09	9.3	9.7	9.9	10.1	10.7	11.0	11.6	11.7				
parameter di pilih (mm/stroke)								5.3									8.4					9.9					11.7					

Parameter *cross feed* yang di gunakan berdasarkan *trend line* sebagaimana di tunjukan pada gambar 3.14 sebagai berikut:



Gambar3.14Skala parameter *cross feed* berdasarkan *trend line*

Parameter *cross feed* di pilih berdasarkan pada *trend line* yaitu mulai dari skala 6 s.d 43 untuk skala 1 s.d 5 memiliki trend data yang kurang bagus sehingga tidak di pilih adapun contoh parameter *cross feed* skala 1 s.d 5 di jelaskan pada gambar 3.14sebagai berikut :



Gambar 3.15 Skala parameter *cross feed* skala 1 s.d 5

3.9 Metode Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan variasi *cross feed* dan kedalaman potong untuk mendapatkan data getaran dan kekasaran permukaan. Terdapat dua tahapan dalam pengambilan data, yaitu tahap 1 adalah uji pemotongan untuk mengetahui amplitudo getaran dan tahap 2 adalah pengukuran untuk mengetahui kekasaran permukaan. Adapun rancangan pengambilan data penelitian dengan menggunakan batu gerinda tipe batu gerinda A46QV dan tipe batu gerinda A80LV, seperti terlihat pada tabel 3.4 sebagai berikut:



Tabel 3.4 Rancangan pengambilan data penelitian

TABLE PERCOBAAN DAN PENGAMBILAN DATA UNTUK BATU GERINDA TYPE A80LV DAN A46QV															
A. Batu Gerinda type A80LV															
Kecepatan Makan 50 mm/s (skala : 8)															
Parameter	kecepatan cross feed (mm/stroke)														
	5.3			6.8			8.4			9.9			11.7		
kedalaman potong (mm)	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03
Amplitudo (m)															
Frekuensi Pribadi (Hz)															
Panjang langkah (mm)															
Waktu Pemotongan (s)															
Kekasaran Permukaan (μm)															
B. Batu Gerinda type A46QV															
Kecepatan Makan 50 mm/s (skala : 8)															
Parameter	kecepatan cross feed (mm/stroke)														
	5.3			6.8			8.4			9.9			11.7		
kedalaman potong (mm)	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03
Amplitudo (m)															
Frekuensi Pribadi (Hz)															
Panjang langkah (mm)															
Waktu Pemotongan (s)															
Kekasaran Permukaan (μm)															



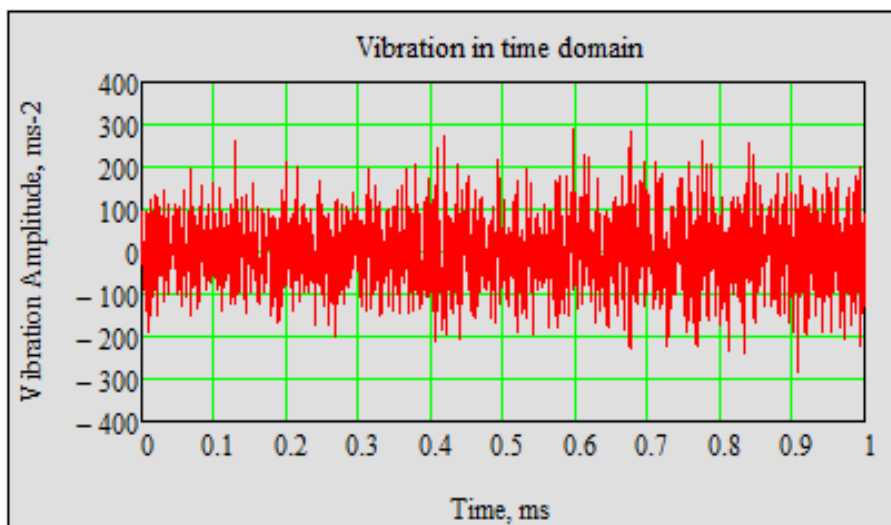
BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hasil Penelitian

Hasil data uji pemotongan berupa nilai amplitudo level getaran dan data pengukuran kekasaran permukaan. Percobaan penelitian yang dilakukan terhadap material *hardened tool steel* SKD11 menggunakan proses gerinda datar dengan batu gerinda tipe A46QV dan A80LV berbahan *aluminum oxide* dengan variasi *cross feed* dan kedalaman potong. Diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada lampiran 3A dan 3B untuk data amplitudo level getaran dan lampiran 4A dan 5A untuk data kekasaran permukaan, dimana untuk data perhitungan rms (*root mean square*) getaran pada domain waktu nilainya akan sama dengan perhitungan pada domain frekuensi.

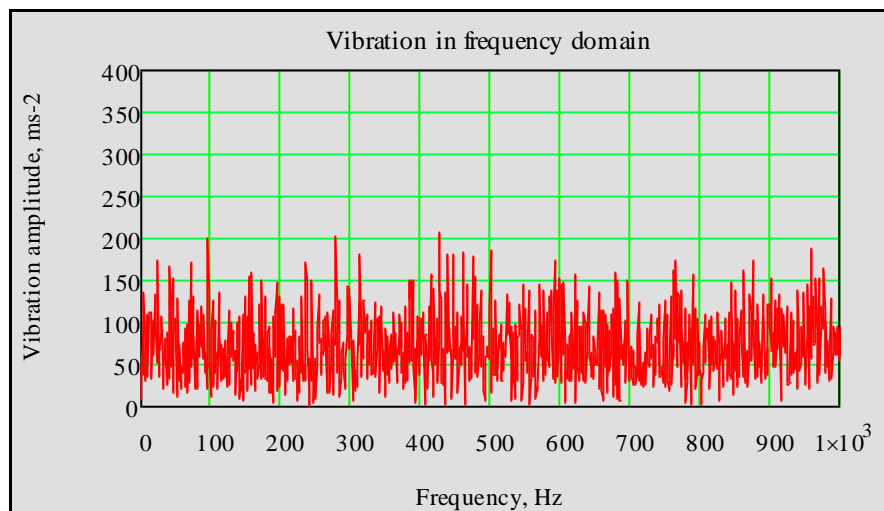
Untuk data perhitungan *peak* dan *peak to peak* getaran digunakan domain waktu, dimana *peak* amplitudo adalah nilai maksimum getaran dan *peak to peak* amplitudo adalah nilai total amplitudo dari titik positif ke titik negatif getaran. Adapun contoh getaran dalam domain waktu dan domain frekuensi pada proses gerinda datar dengan parameter kedalaman potong 0,02 mm dan *cross feed* 5,3 mm/langkah menggunakan tipe A46QV terlihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Getaran dalam domain waktu



Terlihat pada gambar di atas bahwa getaran dalam domain waktu merupakan data yang di chapter oleh accelerometer selama satu detik sebagaimana di tampilkan gambar 4.1 Adapun untuk getaran dalam domain frekuensi merupakan frekuensi yang memuat nilai amplitudo dimana pada frekuensi 0 sampai 1000 menunjukkan besarnya amplitudo peak dan peak to peak sebagaimana di tunjukan pada gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 4.2 Getaran dalam Domain Frekuensi

4.2 Analisa Data Amplitudo Getaran Pada Batu Gerinda Tipe A46QV

Pada percobaan penelitian ini, batu gerinda yang digunakan adalah tipe A46QV Oksida aluminium(A) merupakan jenis batu gerinda konvensional yang umum dipakai untuk menggerinda benda kerja yang mempunyai tegangan tarik tinggi. Angka 46 adalah ukuran butiran/serbuk yang termasuk dalam tingkat medium. Kode Q adalah kemampuan perekat untuk mengikat butiran berada pada daerah keras serta kode V adalah jenis bahan pengikat adalah *vittrived* (keramik).

Percobaan penelitian dilakukan dengan 5 variasi parameter *cross feed* (5,3; 6,8; 8,4; 9,9; 11,7) (mm/langkah) dan 3 variasi kedalaman potong (0,01; 0,02 dan 0,03 mm). Data konversi *cross feed* untuk mesin gerinda datar dapat dilihat pada tabel 3,3 bab 3 halaman 48 dan pada lampiran 2A. Dari variabel proses pemesinan tersebut, kemudian diukur besar getarannya dan diukur nilai kekasaran permukaannya. Data hasil pengukuran oleh *accelerometer*

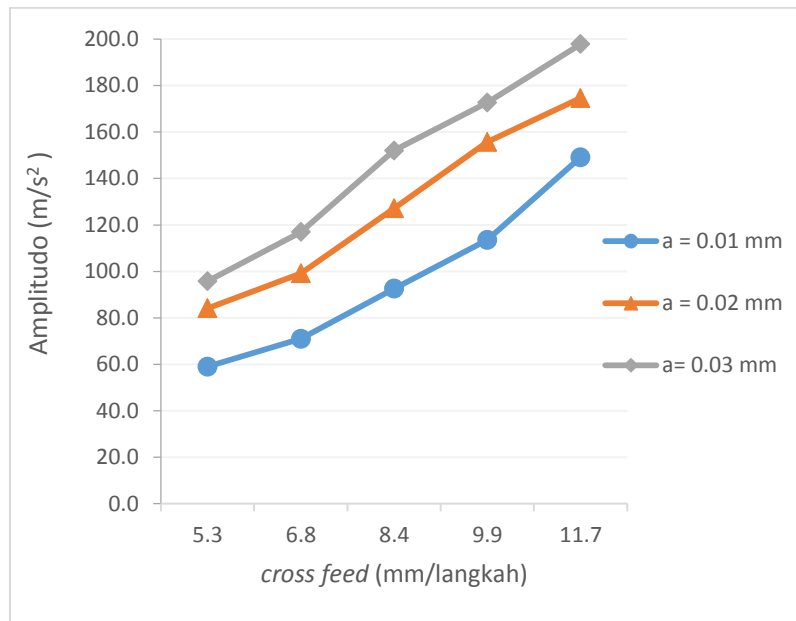


dihitung menggunakan *mathCAD* dengan rumusan *rms*, *peak* dan *peak to peak* pada masing-masing sumbu x dan sumbu z adalah sebagai berikut:

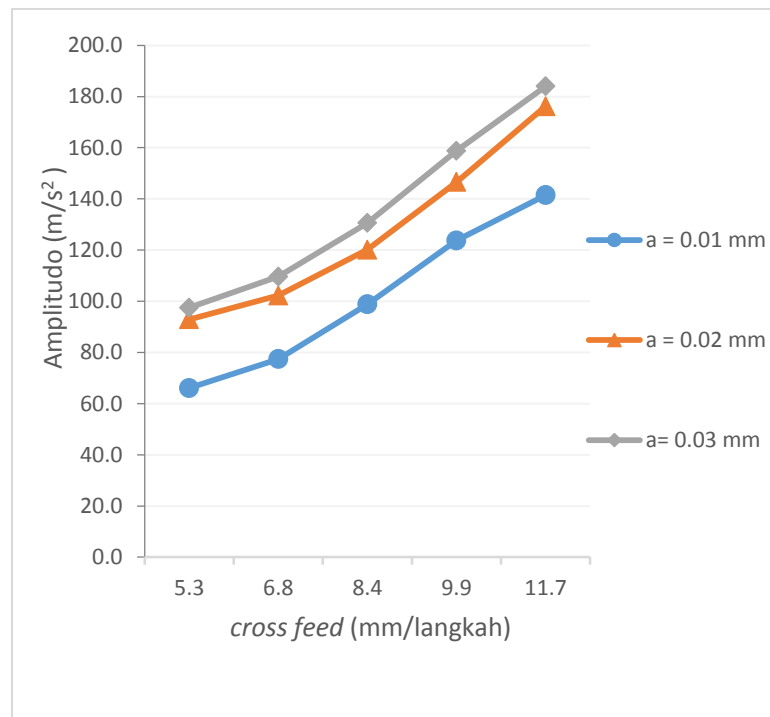
Tabel 4.1 Hasil perhitungan data *acceleration* amplitudo (*rms*) pada batu gerinda tipe A46QV.

Percobaan	<i>Cross Feed</i> (mm/stroke)	Kedalaman Potong (mm)	Amplitudo rms	
			Sumbu x (A) (m/s ²)	Sumbu z (B) (m/s ²)
1	5,3	a = 0,01	59,0126	66,0886
2		a = 0,02	84,1339	92,8872
3		a = 0,03	95,7906	97,4917
4	6,8	a = 0,01	80,9444	77,4146
5		a = 0,02	99,1312	102,2610
6		a = 0,03	116,9088	109,6422
7	8,4	a = 0,01	92,5755	98,7965
8		a = 0,02	127,1054	120,1408
9		a = 0,03	152,0381	130,5555
10	9,9	a = 0,01	113,5794	123,7404
11		a = 0,02	155,7244	146,5603
12		a = 0,03	172,7007	158,7998
13	11,7	a = 0,01	149,1413	141,4752
14		a = 0,02	174,6126	176,1484
15		a = 0,03	197,8513	183,9620

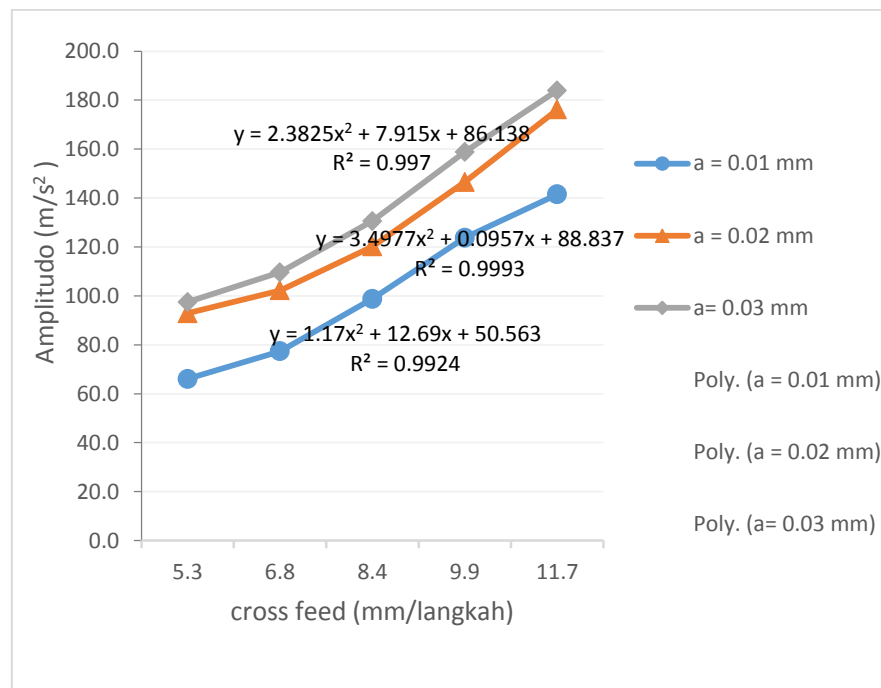
Kemudian dari Tabel 4.1 dibuat grafik hubungan antara variabel proses dengan variabel respon, dimana variabel prosesnya adalah *cross feed* dan kedalaman potong, sedangkan variabel responnya adalah amplitudo level getaran dalam *acceleration* terhadap sumbu x dan sumbu z. Seperti pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.3 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada arah sumbu x (rms).



Gambar 4.4 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada arah sumbu z (rms).



Gambar 4.5 Hubungan *cross feed* dan kedalaman potong terhadap amplitudo getaran pada sumbu z (rms) secara polinomial.

Terlihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 bahwa nilai amplitudo rms getaran pada kedua sumbu x dan z meningkat seiring meningkatnya kecepatan *cross feed*. Dengan *cross feed* yang semakin tinggi, mengakibatkan beban penggerindaan semakin besar, menumpuk dan rapat serta adanya tumbukan yang cepat sehingga timbul getaran yang besar. Begitu juga dengan meningkatnya kedalaman potong, getaran akan semakin meningkat. Pada kedalaman potong yang kecil beban pengikisan material dan gesekan (antara batu gerinda dan material) yang terjadi kecil, sehingga getaran yang ditimbulkan juga kecil. Sebaliknya pada kedalaman potong yang semakin besar beban penggerindaan akan semakin besar, karena tebal permukaan yang terpotong akan besar, gaya yang diperlukan untuk memotong juga besar, sehingga menimbulkan getaran yang besar disertai suara bising.

Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa bentuk hubungan antara *cross feed* dan kedalaman potong terhadap getaran pada sumbu z adalah di gambarkan secara polinomial. Pengaruh hubungan antara variabel proses pada kedalaman potong 0,01 mm; 0,02 mm dan 0,03 mm terhadap respon getaran

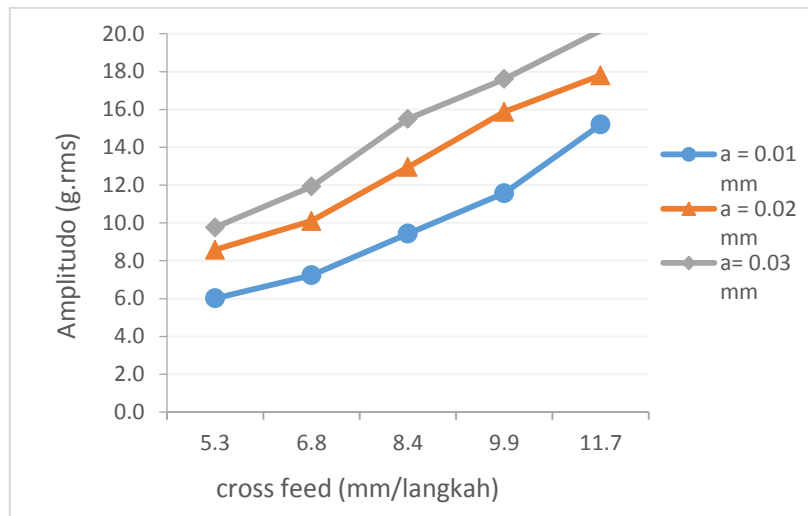


sebesar 99% yang dapat dijelaskan dengan bentuk persamaan kuadratik tersebut.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan data *acceleration* pada batu gerinda tipe A46QV pada amplitudo *g.rms*

Percobaan	<i>Cross Feed</i> (mm/stroke)	Kedalaman Potong (mm)	Sumbu x (A) (g.rms)	Sumbu z (B) (g.rms)
1	5,3	a = 0,01	6,0156	6,7369
2		a = 0,02	8,5763	9,4686
3		a = 0,03	9,7646	9,9380
4	6,8	a = 0,01	8,2512	7,8914
5		a = 0,02	10,1051	10,4242
6		a = 0,03	11,9173	11,1766
7	8,4	a = 0,01	9,4368	10,0710
8		a = 0,02	12,9567	12,2468
9		a = 0,03	15,4983	13,3084
10	9,9	a = 0,01	11,5779	12,6137
11		a = 0,02	15,8741	14,9399
12		a = 0,03	17,6046	16,1875
13	11,7	a = 0,01	15,2030	14,4215
14		a = 0,02	17,7995	17,9560
15		a = 0,03	20,1683	18,7525

Untuk tabel 4.2 merupakan hasil konversi perhitungan amplitudo rms dari m/s^2 dirubah menjadi *gravity* (g), dengan besarnya percepatan gravitasi bumi sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$. Terlihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 untuk setiap kedalaman potong yang semakin meningkat, amplitudonya juga semakin meningkat. Begitu juga dengan *cross feed* yang semakin meningkat amplitudo getaran juga akan semakin meningkat pada kedua sumbu x dan z. sebagaimana di jelaskan pada gambar 4.6 sebagai berikut :



Gambar 4.6 Grafik respon getarantipe batu gerinda A46QV di sumbu x (g.rms)

Rumusan untuk panjang kontak geometrik antara batu gerinda dengan material adalah sebagai berikut: $l_g = \sqrt{a \cdot d_s}$. (mm) (Rochim. 1993) dimana: a = kedalaman potong (mm); d_s = diameter batu gerinda (mm).

Menurut rumusan tersebut, pengaruh kedalaman potong yang semakin besar maka panjang kontak akan semakin besar. Hal ini membuat beban tumpukan geram besar dan diperlukangaya pemotongan yang besar. Apabila beban terlalu besar, maka akan timbul getaran dan membuat kekasaran permukaan benda kerja meningkat.

Rumusan untuk tebal geram ekuivalen (h_{eq}) adalah $h_{eq} = \frac{f_r \cdot V_w}{V_s}$ (μm)

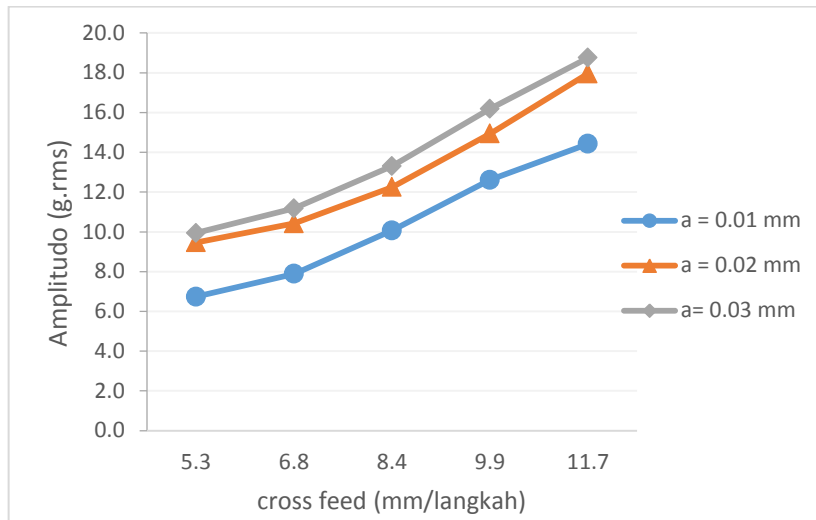
dimana: f_r = gerak makan radial (mm/langkah); V_w = kecepatan makan (mm/s);

V_s = kecepatan peripheral batu gerinda (m/s); (untuk nilai f_r dan V_s konstan).

Pengaruh *cross feed* yang semakin besarkan mempengaruhi tebal geram ekuivalen yang juga semakin besar dan volume aliran geram semakin banyak. Akibatnya beban penggerindaan besar karena tumpukan geram yang saling bertumbukan dan harus dikikis oleh batu gerinda. Beban gaya yang terlalu besar terjadi karena ketidakmampuan batu gerinda untuk mengikis permukaan benda kerja dengan sempurna, sehingga menimbulkan getaran dan berakibat

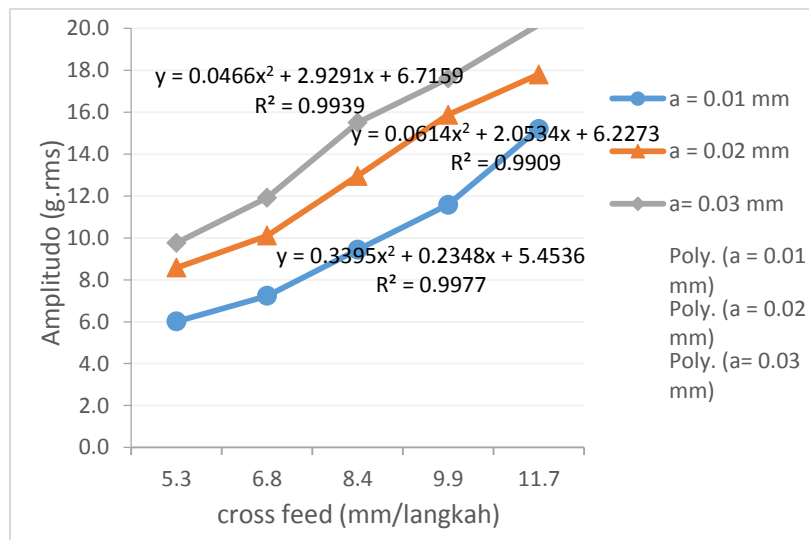


pada kekasaran permukaan yang juga meningkat, sebagaimana di jelaskan pada gambar 4.7 sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada sumbu z (g.rms).

Pada Gambar 4.8 di bawah ini terlihat bahwa bentuk hubungan antar *cross feed* dan kedalaman potong terhadap getaran pada sumbu x adalah sebagai fungsi polinomial.



Gambar 4.8 Hubungan *cross feed* dan kedalaman potong terhadap amplitudo getaran pada sumbu x (g.rms) secara polinomial.



Persamaan fungsi pada masing-masing kedalaman potong adalah sebagai berikut:

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,01 mm.

$$y = 0,0466x^2 + 2,9291x + 6,7159$$

$$R^2 = 0,9939$$

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,02 mm.

$$y = 0,0614x^2 + 2,0534x + 6,2273$$

$$R^2 = 0,9909$$

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,03 mm.

$$y = 0,3395x^2 + 0,2348x + 5,4536$$

$$R^2 = 0,9977$$

Pengaruh hubungan antara variabel proses terhadap respon getaran sebesar 99% yang dapat dijelaskan dengan bentuk persamaan kuadratik tersebut.

Kemudian untuk nilai *peak* didapat dari amplitudo tertinggi (maksimum) dari suatu periode getaran dalam domain waktu pada masing-masing kedalaman potong dan *cross feed*. Seperti pada Tabel 4.3 berikut ini.

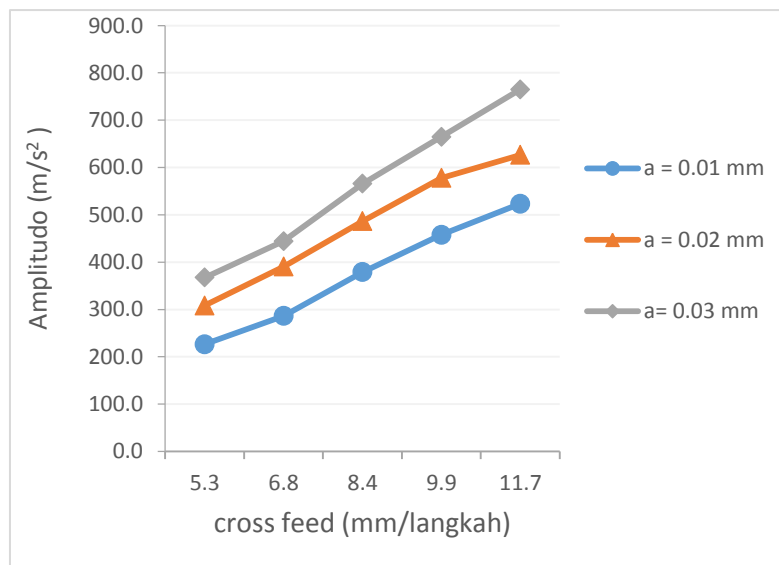
Tabel 4.3 Hasil perhitungan data *acceleration* pada batu gerinda tipe A46QV pada amplitudo *peak*

Percobaan	Cross Feed mm/stroke	Kedalaman Potong mm	Amplitudo peak	
			Sumbu x (A) m/s ²	Sumbu z (B) m/s ²
1	5,3	a = 0,01	226,3021	248,0093
2		a = 0,02	308,4475	363,4607
3		a = 0,03	367,6059	385,6673
4	6,8	a = 0,01	286,1579	285,7904
5		a = 0,02	390,3340	416,0178
6		a = 0,03	444,4285	455,4558
7	8,4	a = 0,01	379,1070	387,2589
8		a = 0,02	486,5612	505,3696
9		a = 0,03	565,8561	542,1204
10	9,9	a = 0,01	457,7055	452,4160
11		a = 0,02	577,8374	590,1916
12		a = 0,03	664,8200	625,2651
13	11,7	a = 0,01	523,4623	527,5431
14		a = 0,02	626,5457	664,8836
15		a = 0,03	765,0811	690,0388

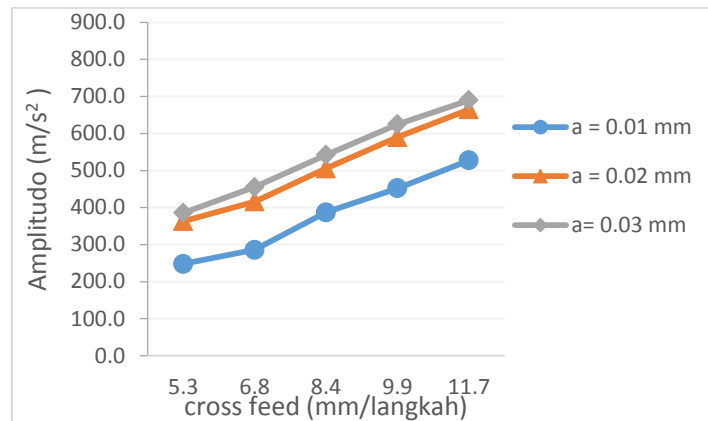


Kemudian dari data amplitudo *peak* pada tabel 4.3 tersebut dibuat grafik seperti pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10. Terlihat bahwa nilai amplitudo maksimum yang bisa dicapai suatu getaran pada setiap kedalaman potong dan *cross feed* semakin meningkat pada sumbu x dan sumbu z.

Nilai *peak* adalah nilai fluktuasi tertinggi (kejut) yang didapat dari data domain waktu. Pada kedua sumbu, terlihat grafiknya naik seiring dengan meningkatnya *cross feed*. Hal ini disebabkan oleh beban kejut tertinggi akibat proses penggerindaan dengan gaya yang bervariasi dari tumbukan material yang terkikis. Untuk kedalaman potong yang meningkat, *peak* terjadi karena pengikisan yang tidak rata akibat dari batu gerinda yang makin aus dan material yang terproses bergelombang, sehingga timbul getaran yang tinggi. Untuk gambar 4.9 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.9 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada sumbu x (peak).



Gambar 4.10 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada sumbu z (peak).

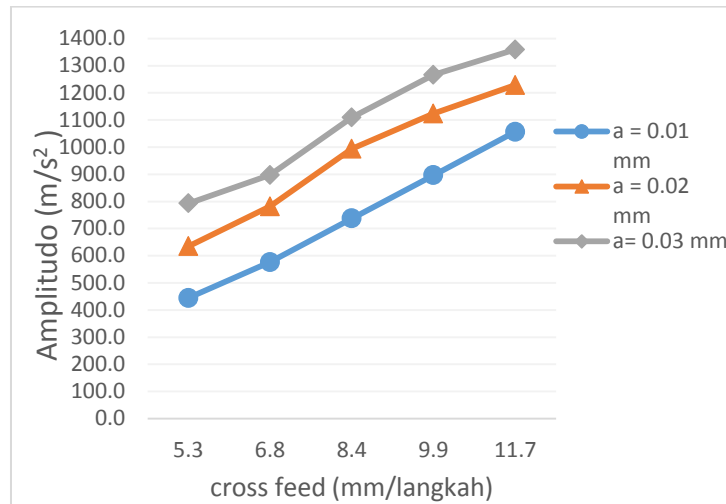
Untuk nilai *peak to peak* didapat dengan menjumlahkan nilai amplitudo maksimum dengan nilai absolut amplitudo minimum pada domain waktu dalam satu periode getaran, sehingga diperoleh hasil perhitungan seperti pada Tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4.4 Hasil perhitungan data *acceleration* pada batu gerinda tipe A46QV pada amplitudo *peak to peak*.

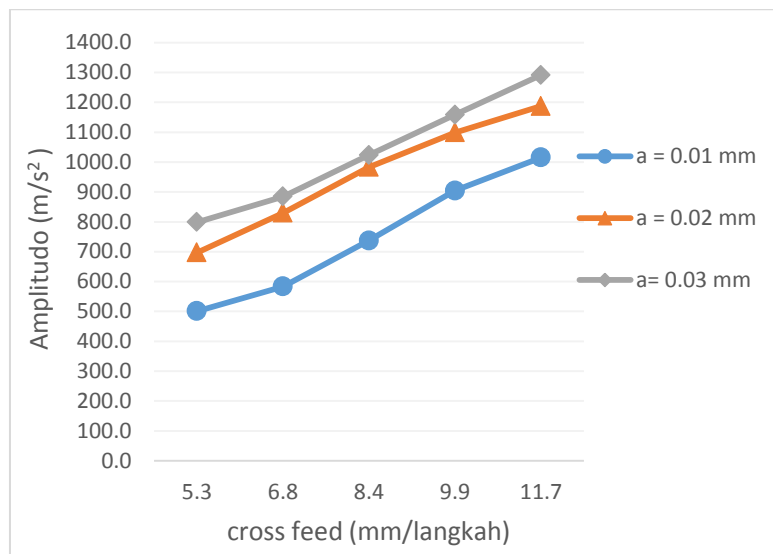
Percobaan	Cross Feed (mm/stroke)	Kedalaman Potong (mm)	Amplitudo peak to peak	
			Sumbu x (A) m/s ²	Sumbu z (B) m/s ²
1	5,3	a = 0,01	444,0901	500,7280
2		a = 0,02	634,4849	697,0601
3		a = 0,03	792,9973	798,8574
4	6,8	a = 0,01	576,3288	583,0529
5		a = 0,02	781,6736	829,7147
6		a = 0,03	897,2433	884,3638
7	8,4	a = 0,01	737,5876	736,9062
8		a = 0,02	994,0098	983,2180
9		a = 0,03	1109,5257	1023,6316
10	9,9	a = 0,01	896,5738	904,6085
11		a = 0,02	1123,7441	1098,8725
12		a = 0,03	1266,5500	1158,4307
13	11,7	a = 0,01	1056,5948	1015,5248
14		a = 0,02	1228,7324	1187,5571
15		a = 0,03	1359,3272	1291,3464



Kemudian dari Tabel 4.4 tersebut dibuat grafik hubungan antara *cross feed* dan getaran (*peak to peak*), seperti pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4.11 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada sumbu x (*peak to peak*).



Gambar 4.12 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A46QV pada sumbu z (*peak to peak*).

Seperti terlihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 bahwa dengan meningkatnya nilai *cross feed* maka amplitudo selalu cenderung naik.



4.3 Analisa Data Amplitudo Getaran Pada Batu Gerinda Tipe A80LV

Pada penelitian ini batu gerinda yang digunakan adalah A80PV. Oksida aluminium(A) merupakan jenis batu gerinda konvensional (selain karbon silikon) yang umum dipakai untuk menggerinda benda kerja yang mempunyai tegangan tarik tinggi. Bedanya dengan karbon silikon digunakan untuk benda kerja dengan tegangan tarik rendah. Angka 80 adalah ukuran butiran/serbuk yang termasuk dalam tingkat halus. Kode P adalah kemampuan perekat untuk mengikat butiran berada pada daerah keras, serta kode V adalah jenis bahan pengikat adalah *vitried* (keramik).

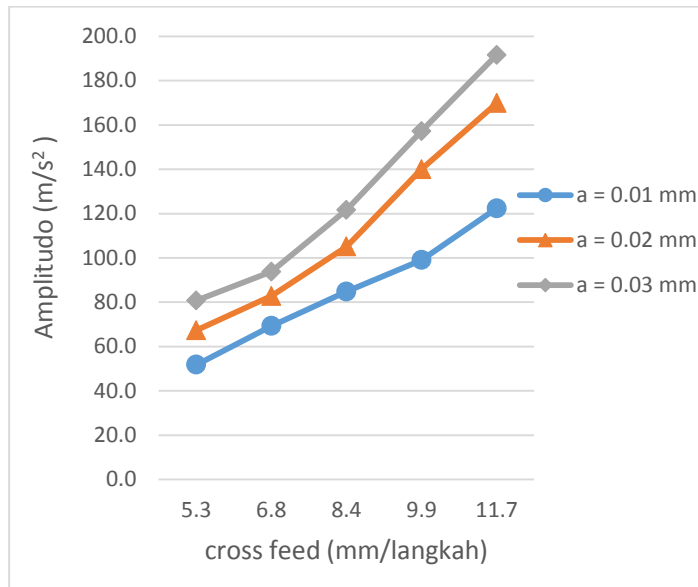
Penelitian yang dilakukan dengan batu gerinda tipe A80LV sama seperti dengan menggunakan tipe batu gerinda A46QV yaitu mengukur amplitudo getaran dan kekasaran permukaan pada benda kerja. Data hasil pengukuran oleh *accelerometer* dihitung menggunakan *mathCAD* dengan rumusan *rms*, *peak* dan *peak to peak* pada masing-masing sumbu x dan sumbu z adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil perhitungan data *Acceleration* pada batu gerinda tipe A80LV pada amplitudo *g.rms*

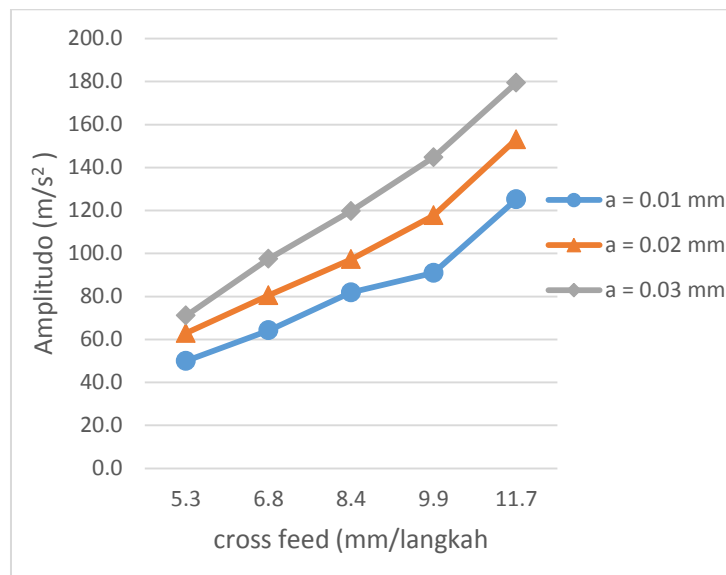
Percoba,	Cross Feed (mm/stroke)	Kedalaman Potong (mm)	Sumbu x (A) (g.rms)	Sumbu z (B) (g.rms)
1	5,3	a = 0,01	5,2777	5,0904
2		a = 0,02	6,8583	6,4150
3		a = 0,03	8,2295	7,2419
4	6,8	a = 0,01	7,0562	6,5436
5		a = 0,02	8,4387	8,2095
6		a = 0,03	9,5568	9,9380
7	8,4	a = 0,01	8,6416	8,3402
8		a = 0,02	10,7142	9,9151
9		a = 0,03	12,3976	12,2002
10	9,9	a = 0,01	10,0961	9,2687
11		a = 0,02	14,2664	13,0958
12		a = 0,03	16,0191	14,7519
13	11,7	a = 0,01	12,4692	12,7556
14		a = 0,02	17,3142	15,5981
15		a = 0,03	19,5257	18,2821



Kemudian dari Tabel 4.5 tersebut, dibuat grafik hubungan antara *cross feed* dan getaran (*g.rms*), seperti terlihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.



Gambar 4.13 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu x (*g.rms*)

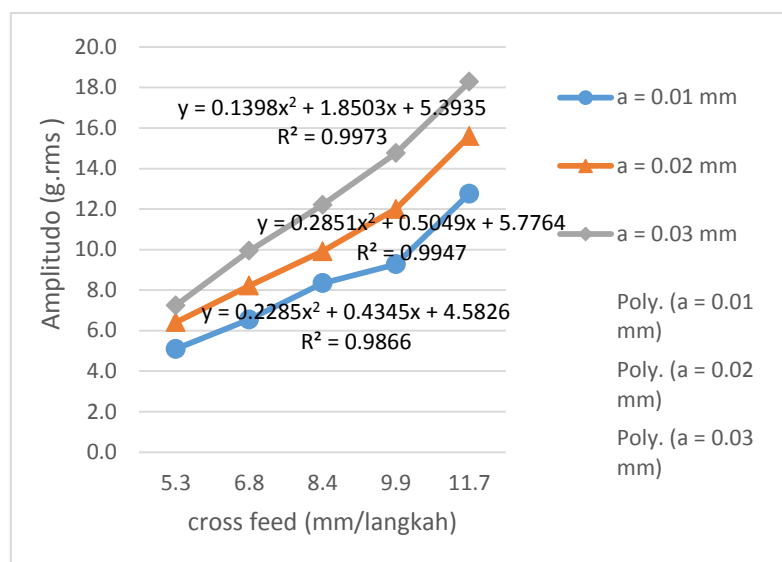


Gambar 4.14 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu z (*g.rms*)

Terlihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 penggunaan batu gerinda tipe A80LV untuk setiap kedalaman potong yang semakin



meningkat, amplitudonya juga semakin meningkat. Begitu juga dengan *cross feed* yang semakin meningkat, amplitudo getaran juga akan semakin meningkat pada kedua sumbu x dan z. Hal ini sama seperti yang sudah dijelaskan pada batu gerinda tipe A46QV, bahwa pengaruh *cross feed* yang semakin meningkat maka gaya pemotongan (penggerindaan) akan besar dan tumbukan (antara batu gerinda yang berputar dengan benda kerja) akan semakin cepat (terjadi tumpukan beban material terpotong), sehingga menimbulkan getaran yang juga semakin besar. Begitu juga dengan pengaruh kedalaman potong yang semakin meningkat, beban penggerindaan akan menjadi besar, karena ketebalan material yang akan digerinda besar, gaya yang dibutuhkan untuk pengikisan material juga besar, sehingga timbul getaran yang besar pula, sebagaimana penjelasan gambar 4.15 sebagai berikut :



Gambar 4.15 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu z (g.rms)

Pada gambar 4.15 didapat persamaan fungsi pada masing-masing kedalaman potong adalah sebagai berikut:

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,01 mm.

$$y = 0,2285x^2 + 0,4345x + 4,5826$$

$$R^2 = 0,9866$$



- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,02 mm.

$$y = 0,2851x^2 + 0,5049x + 5,7764$$

$$R^2 = 0,9947$$

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,03 mm.

$$y = 0,1398x^2 + 1,8503x + 5,3935$$

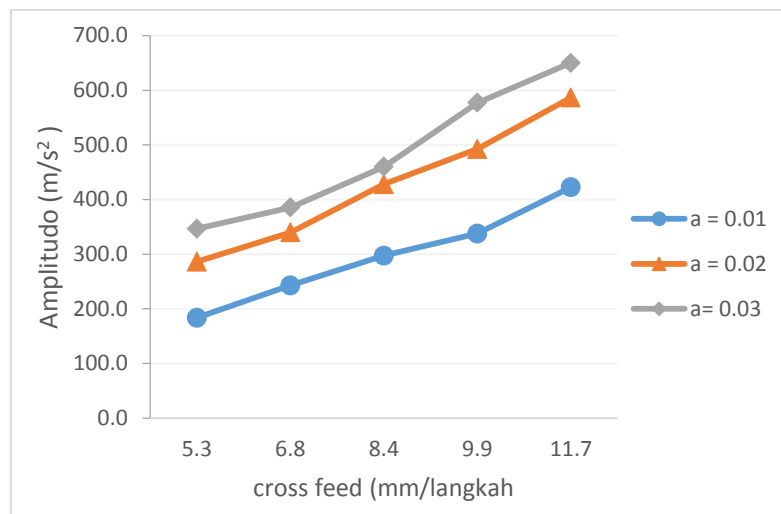
$$R^2 = 0,9973$$

Pengaruh hubungan antara variabel proses terhadap respon getaran sebesar 99% untuk kedalaman 0,02 mm dan 0,03 mm dan 98 % untuk kedalaman 0,01 mm yang dapat dijelaskan dengan bentuk persamaan kuadratik tersebut.

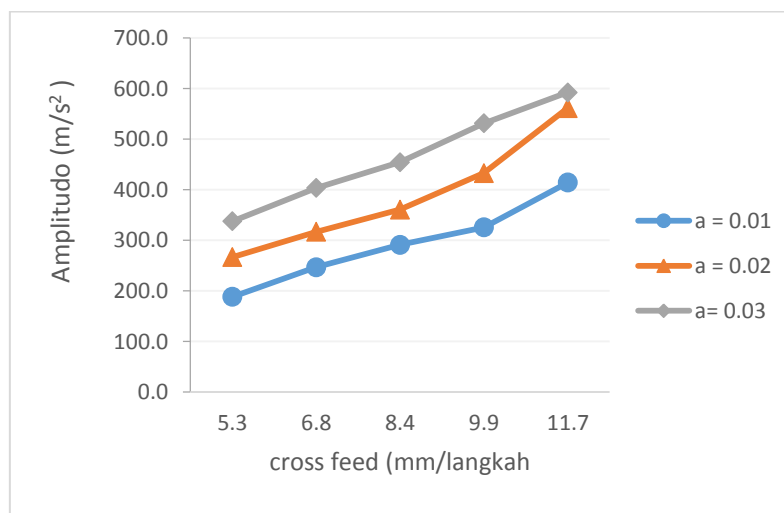
Tabel 4.6 Hasil perhitungan data *acceleration* pada batu gerinda tipe A80LV pada amplitudo *peak*.

Percob.	Cross Feed (mm/stroke)	Kedalaman Potong (mm)	Amplitudo peak	
			Sumbu x (A) m/s ²	Sumbu z (B) m/s ²
1	5,3	a = 0,01	183,7417	188,1417
2		a = 0,02	286,0418	266,6726
3		a = 0,03	346,4123	337,6609
4	6,8	a = 0,01	242,8280	246,7232
5		a = 0,02	339,6239	316,7831
6		a = 0,03	385,3925	403,2435
7	8,4	a = 0,01	297,4235	291,2057
8		a = 0,02	427,7960	360,5500
9		a = 0,03	459,7460	454,2341
10	9,9	a = 0,01	337,6735	325,4557
11		a = 0,02	492,2763	432,9695
12		a = 0,03	577,0734	531,1888
13	11,7	a = 0,01	422,4194	414,0373
14		a = 0,02	586,2794	561,3089
15		a = 0,03	650,0344	592,1781

Kemudian dari Tabel 4.6. dibuat grafik hubungan antara *cross feed* dan getaran (*peak*). seperti pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17.



Gambar 4.16 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu x (peak).



Gambar 4.17 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu z (peak)

Nilai *peak* adalah nilai amplitudo tertinggi yang didapat dari data domain waktu. Pada kedua sumbu, terlihat grafiknya naik seiring dengan meningkatnya *cross feed*. Hal ini disebabkan oleh beban kejut tertinggi akibat proses penggerindaan dengan gaya yang bervariasi dari tumbukan material yang terkikis. Untuk kedalaman potong yang meningkat, *peak* terjadi karena

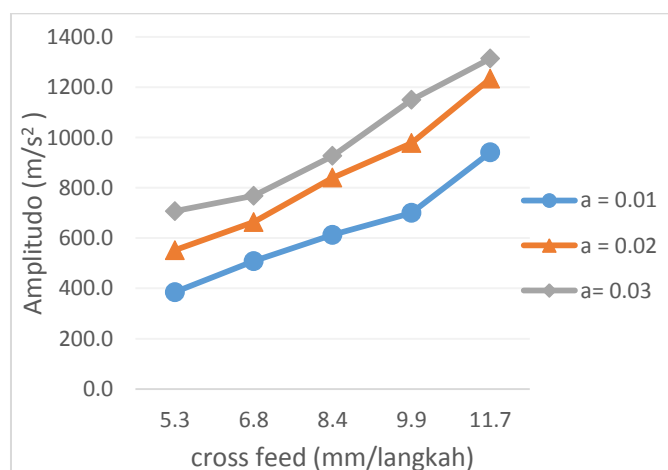


pengikisan yang tidak rata akibat dari batu gerinda yang semakin halus dan material yang terproses bergelombang, sehingga timbul getaran yang tinggi.

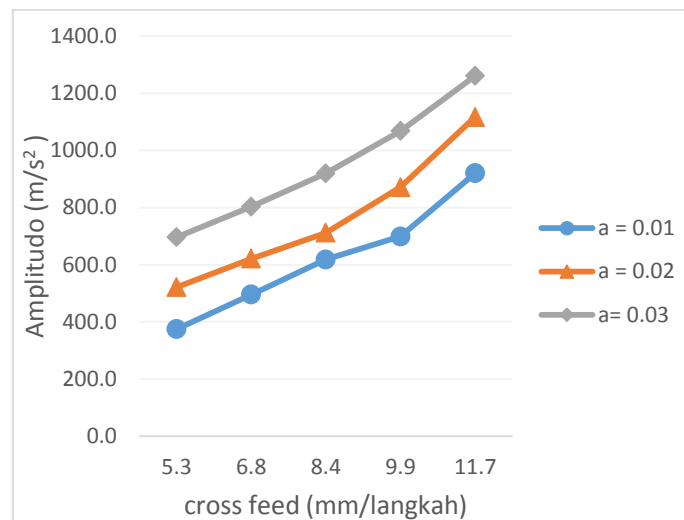
Tabel 4.7 Hasil perhitungan data *acceleration* pada batu gerinda tipe A80LV (*peak to peak*).

Percob,	Cross Feed (mm/stroke)	Kedalaman Potong (mm)	Amplitudo peak to peak	
			Sumbu x (A) m/s^2	Sumbu z (B) m/s^2
1	5,3	a = 0,01	385,2292	374,6587
2		a = 0,02	551,6894	521,3929
3		a = 0,03	706,9397	696,1028
4	6,8	a = 0,01	508,3261	495,8639
5		a = 0,02	663,9207	621,2562
6		a = 0,03	768,3192	802,7351
7	8,4	a = 0,01	612,6111	618,4615
8		a = 0,02	839,9650	711,6427
9		a = 0,03	926,7059	919,6951
10	9,9	a = 0,01	699,7211	698,9615
11		a = 0,02	977,4837	871,2961
12		a = 0,03	1149,1184	1067,6767
13	11,7	a = 0,01	940,5549	919,7937
14		a = 0,02	1233,1226	1116,4914
15		a = 0,03	1313,6166	1260,1603

Kemudian dari Tabel 4.7 tersebut dibuat grafik hubungan antara *cross feed* dan getaran (*peak to peak*), seperti terlihat pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19.



Gambar 4.18 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu x (*peak to peak*).



Gambar 4.19 Grafik respon getaran pada tipe batu gerinda A80LV pada sumbu z (peak to peak).

4.4 Analisa Data Pengukuran Kekasaran Permukaan Pada Batu Gerinda Tipe A46QV dan A80LV

Data kekasaran permukaan diperoleh dengan mengukur kekasaran permukaan setelah dilakukan proses gerinda permukaan dengan menggunakan *surf test MT-301*, dengan tingkat ketelitian 0,01 mikron. Sebelum dilakukan pengukuran, benda kerja dibersihkan terlebih dahulu dari geram yang menempel pada permukaan benda kerja, kemudian diukur dengan arah sumbu x dan sumbu z sebanyak 5 titik sampel dan panjang sampel 0,8 mm. Pada setiap titik sampel diambil 3 kali data pengukuran, kemudian ditentukan data nilai kekasaran maksimum ($R_a \text{ max.}$) dari hasil pengukuran kekasaran tersebut sebagai nilai kekasaran permukaan.

Adapun data hasil pengukuran kekasaran permukaan *hardened tool steel* SKD11 yang telah diproses menggunakan gerinda datar, dengan batu gerinda tipe A46QV dan tipe A80LV pada berbagai variabel proses, dapat dilihat pada Lampiran 4A dan 5A. Kemudian untuk nilai kekasaran permukaan pada masing-masing tipe batu gerinda dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 berikut:



Tabel 4.8 Hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan pada batu gerinda tipe A46QV.

Percobaan	Cross Feed (mm/stroke)	Kedalaman Potong (mm)	Ra max, arah sumbu x	Ra max, arah sumbu z
1	5,3	a = 0,01	0,42	0,52
2		a = 0,02	0,48	0,56
3		a = 0,03	0,57	0,63
4	6,8	a = 0,01	0,56	0,65
5		a = 0,02	0,59	0,79
6		a = 0,03	0,68	0,85
7	8,4	a = 0,01	0,68	0,86
8		a = 0,02	0,85	0,99
9		a = 0,03	0,99	1,04
10	9,9	a = 0,01	0,96	1,09
11		a = 0,02	1,15	1,23
12		a = 0,03	1,25	1,29
13	11,7	a = 0,01	1,23	1,28
14		a = 0,02	1,35	1,36
15		a = 0,03	1,48	1,47

Sumber: Hasil Pengukuran

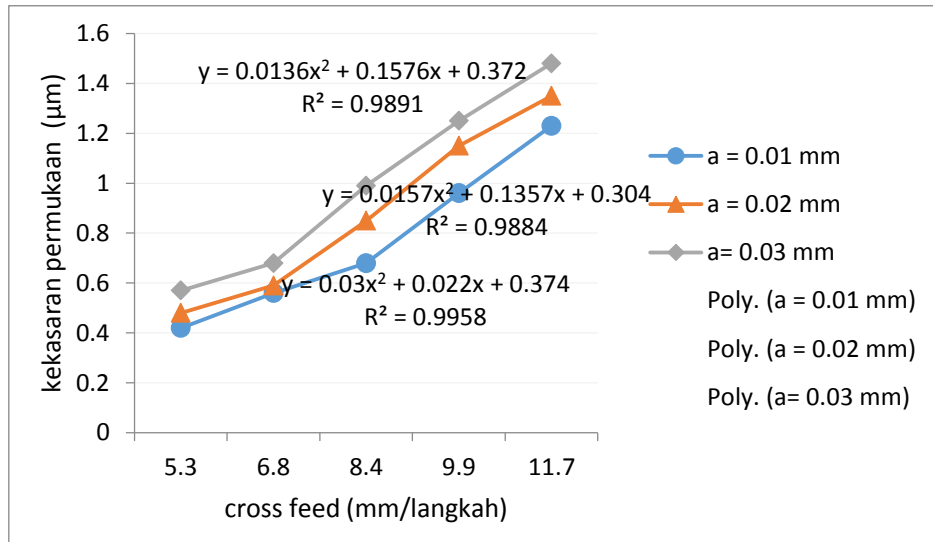
Tabel 4.9 Hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan pada batu gerinda tipe A80LV.

Percob,	Cross Feed (mm/stroke)	Kedalaman Potong (mm)	Ra max, arah sumbu x	Ra max, arah sumbu z
1	5,3	a = 0,01	0,33	0,36
2		a = 0,02	0,43	0,40
3		a = 0,03	0,52	0,48
4	6,8	a = 0,01	0,55	0,53
5		a = 0,02	0,63	0,64
6		a = 0,03	0,71	0,74
7	8,4	a = 0,01	0,67	0,69
8		a = 0,02	0,78	0,81
9		a = 0,03	0,89	0,98
10	9,9	a = 0,01	0,76	0,73
11		a = 0,02	1,05	1,05
12		a = 0,03	1,19	1,16
13	11,7	a = 0,01	0,96	0,99
14		a = 0,02	1,35	1,22
15		a = 0,03	1,41	1,42

Sumber: Hasil Pengukuran

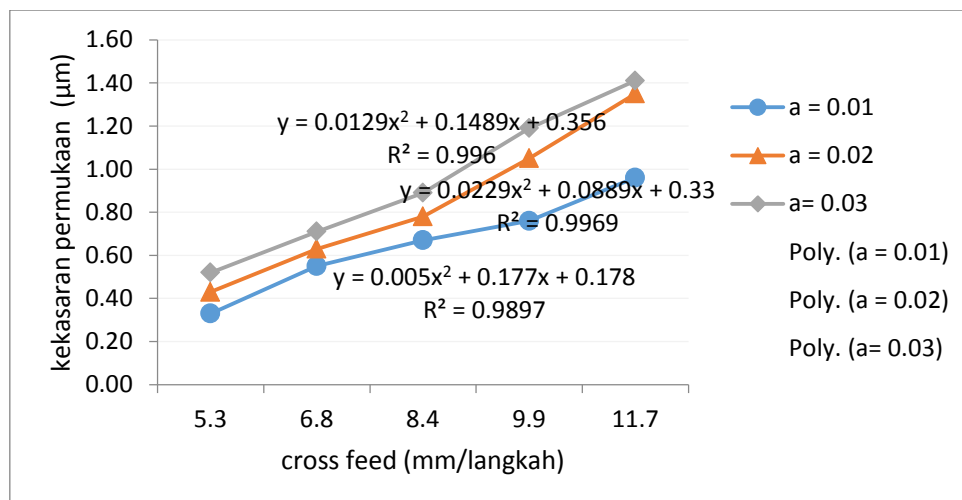


Dari Tabel 4.8 tersebut dibuat grafik seperti pada Gambar 4.21 berikut ini. Berdasarkan *cross feed* dan kedalaman potong terhadap respon kekasaran permukaan, sebagaimana di jelaskan gambar 4.20 sebagai berikut :



Gambar 4.20 Hubungan *cross feed* dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan tipe batu gerinda A46QV.

Kemudian dari Tabel 4.9 tersebut dibuat grafik seperti Gambar 4.21 berikut ini, berdasarkan *cross feed* dan kedalaman potong terhadap respon kekasaran permukaan.



Gambar 4.21 Hubungan *cross feed* dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan tipe A80LV.



Pada Gambar 4.20 terlihat bahwa bentuk hubungan antara *cross feed* dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan adalah sebagai fungsi polinomial. Persamaan fungsi pada masing-masing kedalaman potong adalah sebagai berikut:

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,01 mm

$$y = 0,03x^2 + 0,022x + 0,374$$

$$R^2 = 0,9958$$

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,02 mm

$$y = 0,0157x^2 + 0,1357x + 0,304$$

$$R^2 = 0,9884$$

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,03 mm

$$y = 0,0136x^2 + 0,1576x + 0,372$$

$$R^2 = 0,9891$$

Sama halnya pada Gambar 4.21 terlihat bahwa bentuk hubungan antara *cross feed* dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan Baja SKD11 adalah sebagai fungsi polinomial. Persamaan fungsi pada masing-masing kedalaman potong adalah sebagai berikut:

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,01 mm

$$y = 0,005x^2 + 0,177x + 0,178$$

$$R^2 = 0,9797$$

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,02 mm

$$y = 0,0157x^2 + 0,1417x + 0,27$$

$$R^2 = 0,9865$$

- Untuk variasi *cross feed* dan kedalaman potong 0,03 mm

$$y = 0,0129x^2 + 0,1489x + 0,356$$

$$R^2 = 0,996$$

Pada Gambar 4.20 dan Gambar 4.21 terlihat bahwa semakin besar *cross feed* dan kedalaman potong, maka nilai kekasaran permukaan Baja SKD11 akan semakin besar. Pada *cross feed* yang besar, membuat kontak antara batu gerinda dan benda kerja semakin besar, sehingga gaya yang dibutuhkan juga besar, yang akan menyebabkan kekasaran permukaan Baja SKD11 semakin besar. Begitu juga dengan semakin besarnya kedalaman potong, maka kekasaran permukaan benda kerja akan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh



besarnya kontak antara pahat (batu gerinda) dengan permukaan benda kerja yang membuat gaya pemotongan besar.

Perbedaan dari kedua jenis batu gerinda antara tipe A46QV (medium) dan tipe A80LV (halus) adalah dalam mengalirkan geram. Untuk yang tipe A46QV lebih mudah mengalirkan geram karena pori-pori dari struktur pengikat lebih besar dari pada tipe A80LV yang terlihat halus dan rapat. Sehingga dari sini hasil getaran maupun kekasaran permukaan dengan menggunakan batu gerinda tipe A80LV lebih kecil nilainya.

Untuk tingkat kekasaran permukaan yang bisa dicapai dengan menggunakan gerinda datar dengan arah *cross feed* adalah dari N5 sampai N7 atau $0,36 \mu\text{m}$ sampai $1,47 \mu\text{m}$ dimana untuk N5, N6 dan N7 kategori normal. Berdasarkan hubungan kedalaman potong dan *cross feed* terhadap tingkat kekasaran permukaan Baja SKD11 yang bisa dicapai oleh mesin gerinda datar menggunakan batu gerinda tipe A46QV dan tipe A80LV, seperti terlihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.10 Tingkat Kekasaran Permukaan Baja SKD11 pada batu gerinda tipe A46QV.

Kedalaman Potong (mm)	cross feed (mm/langkah)	Tingkat Kekasaran Permukaan (μm)
0.01	5.3	N5/N6
	6.8	N5/N6
	8.4	N5/N7
0.02	9.9	N6/N7
0.03	11.7	N7

Tabel 4.11 Tingkat Kekasaran Permukaan Baja SKD11 pada batu gerinda tipe A80LV.

Kedalaman Potong (mm)	cross feed (mm/langkah)	Tingkat Kekasaran Permukaan (μm)
0.01	5.3	N5
0.02	6.8	N6
	8.4	N6
0.03	9.9	N6/N7
	11.7	N6/N7



Terlihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 bahwa untuk tingkat kekasaran N5 dan N6 bisa dicapai dengan pengaturan parameter *cross feed* 5,3 mm/langkah dan pada berbagai kedalaman potong. Hal ini akan sama hasilnya untuk kedua kondisi penggerindaan menggunakan batu gerinda tipe A46QV maupun tipe A80LV.

4.5 Hubungan Amplitudo Getaran dengan Kekasaran Permukaan Secara Kuantitatif.

Hubungan yang akan dianalisa adalah *cross feed* dan kekasaran permukaan dengan arah sumbu z penggerindaan. Seperti yang terlihat pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 untuk masing-masing batu gerinda tipe A46QV dan A80LV berikut ini.

Tabel 4.12 Nilai amplitudo getaran dan kekasaran permukaan pada arah sumbu z untuk batu gerinda tipe A46QV.

Percobaan	<i>Cross Feed</i> (mm/langkah)	Kedalaman Potong (mm)	Amplitudo Sumbu z (B) (g.rms)	Ra max, arah sumbu z (μm)
1	5,3	a = 0,01	6,7369	0,52
2		a = 0,02	7,4686	0,56
3		a = 0,03	9,9380	0,63
4	6,8	a = 0,01	7,8914	0,65
5		a = 0,02	10,4242	0,79
6		a = 0,03	11,1766	0,85
7	8,4	a = 0,01	10,0710	0,86
8		a = 0,02	12,2468	0,99
9		a = 0,03	13,3084	1,04
10	9,9	a = 0,01	12,6137	1,09
11		a = 0,02	14,9399	1,23
12		a = 0,03	16,1875	1,29
13	11,7	a = 0,01	14,4215	1,28
14		a = 0,02	16,9560	1,36
15		a = 0,03	18,7525	1,47

Dari tabel 4.12 bahwa untuk *cross feed* 5,3 mm/langkah pada kedalaman 0,01 mm menghasilkan nilai amplitudo 6,7369 g.rms dan kekasaran 0,02 μm . Begitu juga dengan *cross feed* 6,8 mm/langkah pada



kedalaman 0,01 menghasilkan nilai amplitudo 7,8914 g.rms dan kekasaran 0,65 μm artinya nilai *cross feed* semakin naik maka semakin besar nilai amplitudo dan nilai kekasaran permukaan.

Tabel 4.13 Nilai amplitudo getaran dan kekasaran permukaan pada arah sumbu z untuk batu gerinda tipe A80LV

Percob,	Cross Feed (mm/langkah)	Kedalaman Potong (mm)	Sumbu z (B) g.rms	Ra max, arah sumbu z
1	5,3	a = 0,01	5,0904	0,36
2		a = 0,02	6,4150	0,40
3		a = 0,03	7,2419	0,48
4	6,8	a = 0,01	6,5436	0,53
5		a = 0,02	8,2095	0,64
6		a = 0,03	9,9380	0,74
7	8,4	a = 0,01	8,3402	0,69
8		a = 0,02	9,9151	0,81
9		a = 0,03	12,2002	0,98
10	9,9	a = 0,01	9,2687	0,73
11		a = 0,02	13,0958	1,05
12		a = 0,03	14,7519	1,16
13	11,7	a = 0,01	12,7556	0,99
14		a = 0,02	15,5981	1,22
15		a = 0,03	18,2821	1,42

Dari tabel 4.13 bahwa untuk *cross feed* 5,3 mm/langkah pada kedalaman 0,01 mm menghasilkan nilai amplitudo 5,0904 g.rms dan kekasaran 0,36 μm . Begitu juga dengan *cross feed* 6,8 mm/langkah pada kedalaman 0,01 mm menghasilkan nilai amplitudo 6,5436 g.rms dan kekasaran 0,53 μm artinya nilai *cross feed* semakin naik maka semakin besar nilai amplitudo dan nilai kekasaran permukaan.

Adapun nilai kekasaran permukaan terendah dengan menggunakan batu gerinda tipe A46QV adalah sebesar 0,52 μm dengan besarnya getaran yang dihasilkan adalah 6,7369 g.rms. Merupakan nilai terendah pada parameter kedalaman potong 0,01 mm dan *cross feed* 5,3 mm/langkah, sedangkan untuk nilai kekasaran permukaan tertinggi adalah 1,47 μm , dengan besarnya getaran



adalah 18,7525 g.rms pada pengaturan parameter kedalaman potong 0,03 mm dan *cross feed* 11,7 mm/langkah.

Begitu juga dengan nilai kekasaran permukaan terendah dengan menggunakan batu gerinda tipe A80LV adalah sebesar 0,36 μ m, dengan besarnya getaran yang dihasilkan adalah 5,0904 grms. Merupakan nilai terendah pada parameter kedalaman potong 0,01 mm dan *cross feed* 5,3 mm/langkah, sedangkan untuk nilai kekasaran permukaan tertinggi adalah 1,42 μ m dengan besarnya getaran adalah 18,2821 g.rms pada pengaturan parameter kedalaman potong 0,03 mm dan *cross feed* 11,7 mm/langkah.

4.6 Hubungan Amplitudo Getaran dengan Kekasaran Permukaan Secara Kualitatif.

Dari analisa tabel 4.12 dan 4.13 pada sub 4.5 bahwa getaran yang sangat tinggi, menghasilkan kekasaran permukaan yang tinggi atau dengan kata lain ketelitian dimensi turun atau kualitas permukaan turun, terjadi karena fluktuasi gelombang permukaan yang diakibatkan oleh penggerindaan yang tidak rata saat proses pengikisan oleh serbuk batu gerinda. Ukuran butiran/serbuk batu gerinda yang halus tipe A80LV sangat disarankan untuk menggerinda material yang keras, karena kontak yang terjadi tidak terlalu besar (antara permukaan material dengan batu gerinda) sehingga hasilnya lebih halus jika dibandingkan dengan ukuran butiran yang kasar tipe A46QV. Kemudian untuk *cross feed* dan kedalaman potong yang semakin besar, membuat gelombang pergeseran yang sangat cepat dan besar dalam proses pemakanan. Tumbukan yang terjadi antara permukaan material dengan batu gerinda sangat cepat dan rapat (bertumpuk), sehingga timbul getaran yang besar. Hal ini membuat kekasaran permukaan semakin besar juga.

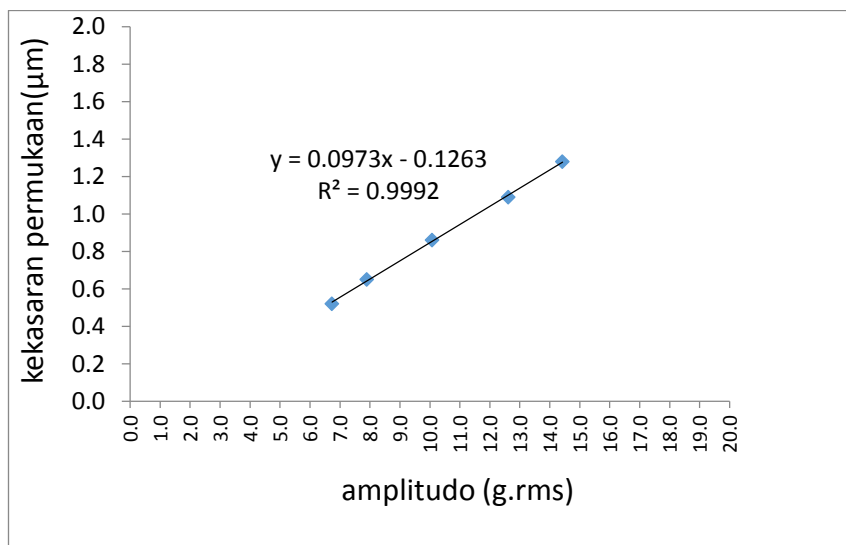
4.7 Hubungan Antara Amplitudo Dengan Kekasaran Permukaan Sebagai Persamaan Fungsi Prediktif Pada Batu Gerinda Tipe A46QV Dan A80LV.

Hasil dari penelitian ini dan berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya bahwa meningkatnya nilai amplitudo berbanding lurus dengan

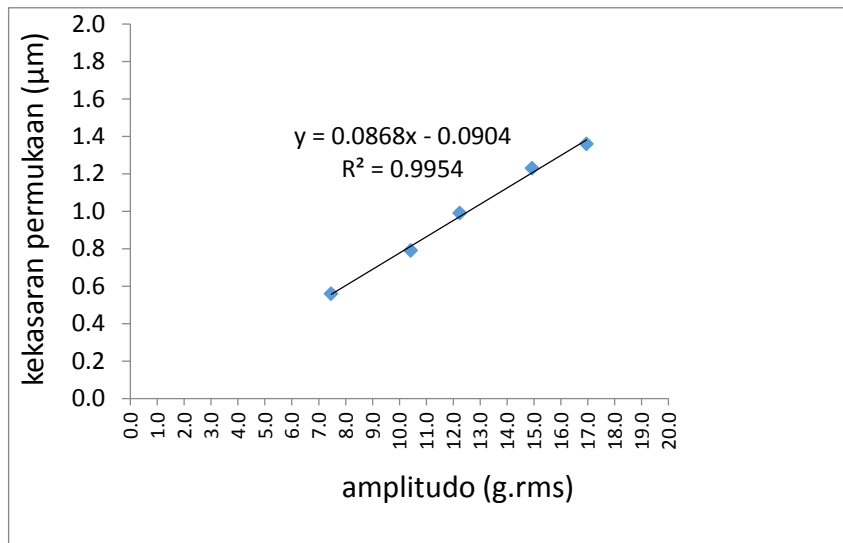


besarnya kekasaran permukaan. Kondisi ini diharapkan memiliki kontribusi denganmemprediksi tingkat kekasaran permukaan suatu material (dikeraskan)hanya dengan mengetahui atau mengukur getarannya saja. Hal ini akan membuat proses pengukuran lebih efektif dan efisien. Misalkan untuk tingkat kekasaran $0,52\mu\text{m}$, bisa diprediksi dari nilai amplitudo getaran yang berada pada nilai 6,7369 grms atau lebih kecil. Sehingga untuk tingkat kekasaran $0,52\mu\text{m}$ sampai $1,47\mu\text{m}$, bisa diprediksi atau ditentukan dengan nilai amplitudo getaran berada antara 6,7369 grms sampai 18,7525 g.rms.

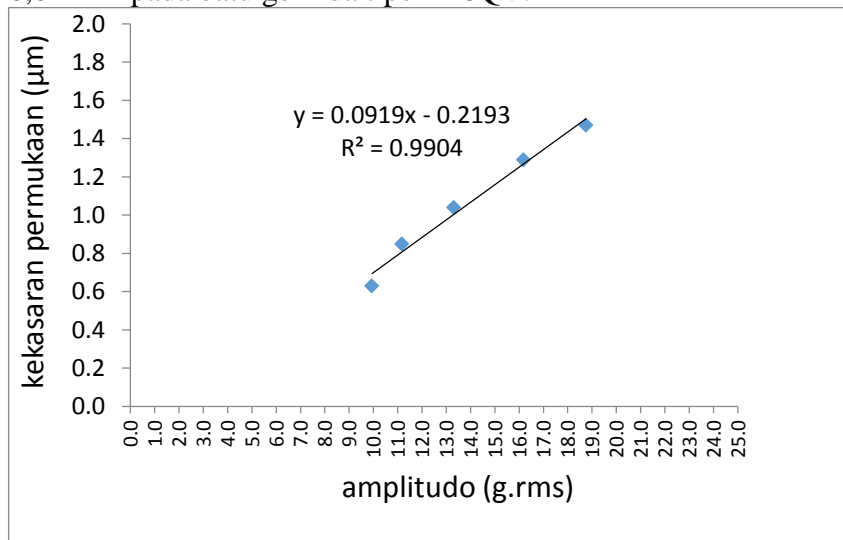
Kemudian dari Tabel 4.12 dibuat grafik hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan untuk kedalaman potong 0,01 mm; 0,02 mm; 0,03 mm pada batu gerinda tipe A46QV.Dari grafik tersebut di dapatkan persamaan linier sebagai formula untuk memprediksi nilai kekasaran permukaan tanpa harus mengukur.Adapun grafik formula persamaan prediktif seperti pada Gambar 4.22a, 4.22b, 4.22c berikut ini:



Gambar 4.22a. Hubungan getarandan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,01 mm pada batu gerinda tipe A46QV.



Gambar 4.22b. Hubungan getarandan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,02 mm pada batu gerinda tipe A46QV.



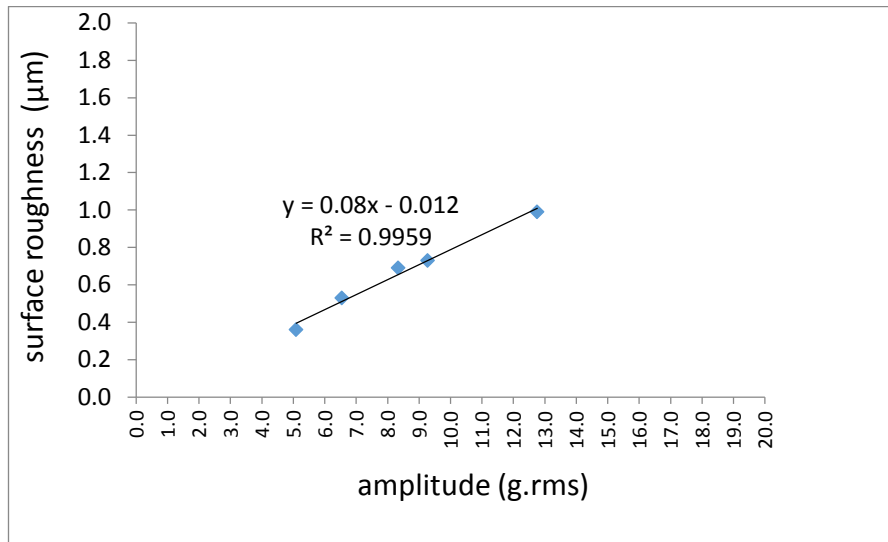
Gambar 4.22c. Hubungan getarandan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,03 mm pada batu gerinda tipe A46QV.

Pada Gambar 4.22a; 4.22b; 4.22c memiliki hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan yang digambarkan secara linieritas dengan koefisien determinasi sebesar 99% untuk kedalaman 0,01 mm dan 0,02 mm dan 0,03 mm.

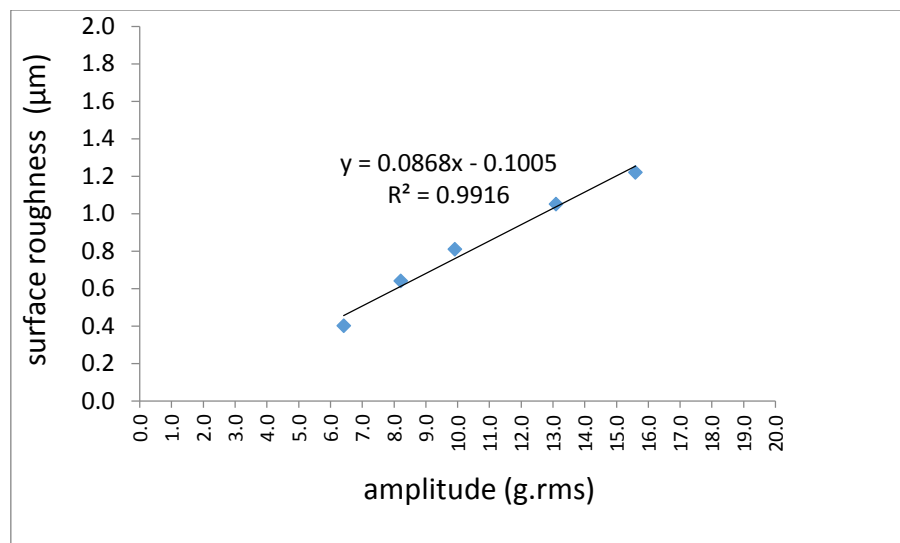
Begitu juga dari Tabel 4.13 dibuat grafik hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan untuk kedalaman potong 0,01 mm; 0,02 mm; 0,03 mm pada batu gerinda tipe A80LV, dimana dari grafik tersebut di dapatkan persamaan linier sebagai formula untuk memprediksi nilai kekasaran



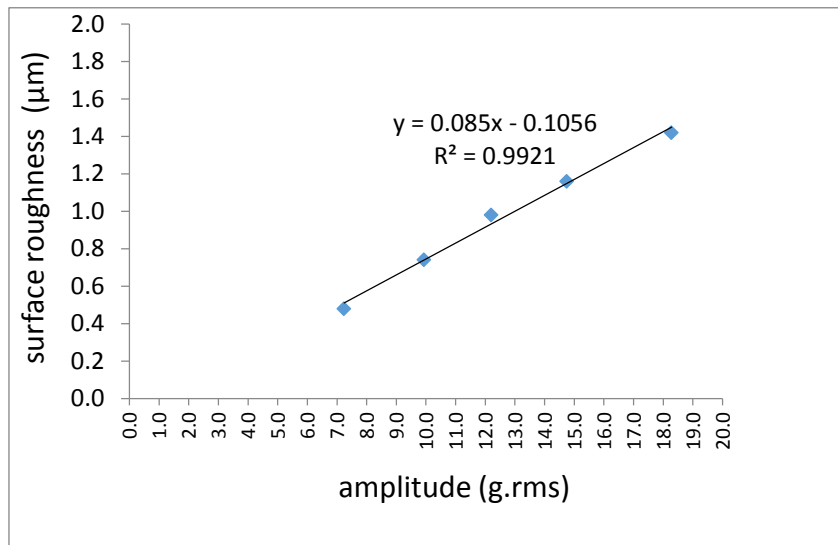
permukaan tanpa harus mengukur. Adapaun grafik formula persamaan prediktif seperti pada Gambar 4.23a, 4.23b, 4.23c berikut ini:



Gambar 4.23a Hubungangetarandan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,01 mm pada batu gerinda tipe A80LV



Gambar 4.23b Hubungangetarandan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,02 mm pada batu gerinda tipe A80LV

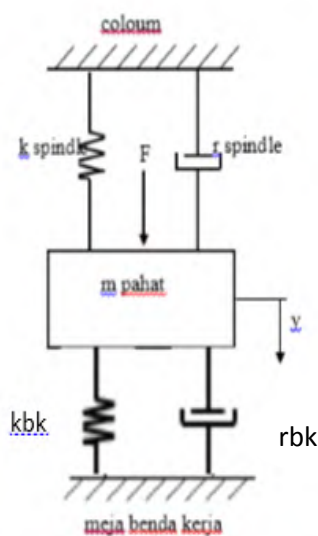


Gambar 4.23c Hubungan getarandan kekasaran permukaan untuk kedalaman 0,03 mm pada batu gerinda tipe A80LV

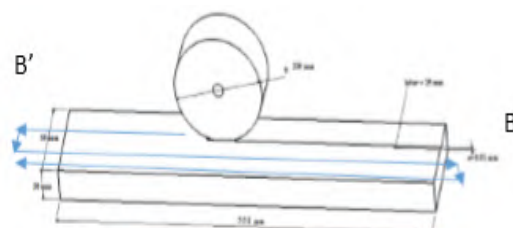
Pada Gambar 4.23a, 4.23b, 4.23c memiliki hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan yang digambarkan secara linieritas dengan koefisien determinasi sebesar 99% untuk kedalaman 0,01 mm dan 0,02 mm dan 0,03 mm.

4.8 Hubungan Proses Gerinda Dengan Pemodelan Getaran

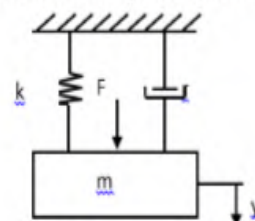
Adapun hubungan proses gerinda dengan pemodelan getaran sebagai mana di jelaskan gambar di bawah ini:



Gambar 4.25 pemodelan Sistem getaran paksa pada gerinda datar datar



Gambar 4.24 proses cross feed



Gambar 4.26 Sistem getaran paksa satu derajat kebebasan



Pada proses down grinding menyebabkan benda kerja lebih tertekan ke meja dan meja terdorong oleh pahat (batu gerinda) yang mungkin suatu saat (secara periodic) gaya dorongnya akan melebihi gaya dorong ulir/roda gigi penggerak meja apabila system back lash tidak begitu baik maka proses down grinding dapat menimbulkan getaran bahkan kerusakan. Sedangkan pada proses up grinding memiliki kelemahan yaitu pahat/batu gerinda lebih cepat aus karena mata potong batu gerinda lebih banyak menggesek benda kerja tetapi getaran mesin lebih kecil.

Sedangkan prinsip dari gerak *cross feed* adalah ketika batu gerinda berada pada posisi B menuju B' maka batu gerinda akan bergeser sesuai dengan dengan *cross feed* (mm/langkah) dimana semakin besar nilai parameter *cross feed* maka semakin lebar pergeseran (over lap) batu gerinda tersebut. Sehingga gaya yang di butuhkan untuk memotong permukaan benda kerja lebih besar yang akhirnya menimbulkan getaran yang lebih besar. Dengan pengaruh getaran lebih besar maka kekasaran permukaan benda kerja lebih besar pula.

System model getaran paksa satu derajat kebebasan merupakan diagram pemodelan getaran yang ada pada gerinda datar dimana jika ada pengaruh gaya luar (F) maka system tersebut dikatakan mengalami getaran paksa yang berakibat terjadinya penyimpangan (displacement). Simpangan akan semakin membesar jika gaya luar semakin besar sehingga getaran yang terjadi semakin besar akibatnya kekasaran semakin besar sebagaimana kaidah persamaan rumus sebagai berikut:

$$m\ddot{y} + r\dot{y} + ky = F$$

Dari rumus tersebut gayabebanding lurus dengan kekakuan pegas (k) dan redaman (c) apabila kekakuan dan redaman kecil maka gaya akan membesar akibatnya simpangan (y) akan naik/membesar.



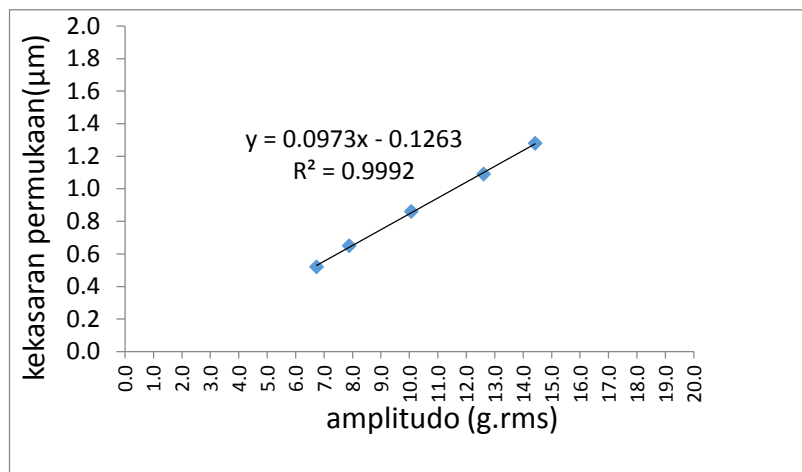
4.9 Validasi Hasil Penelitian

Data hasil penelitian perlu di lakukan validasi yang bertujuan untuk mencari titik kesalahan di dalam pengambilan data sehingga perlu di lakukan pengulangan sebanyak 5 kali dengan parameter yang sama dan dengan level parameter. Adapun metode yang di pakai yaitu membandingkan dengan hasilpeneliti-peneliti sebelumnya (tinjauan pustaka) dan di lakukan uji hipotesa serta analisa varian (ANOVA) dengan tujuan apakah ada pengaruh signifikan dari perbedaan data yang di peroleh dengan parameter yang sama jika dilakukan replikasi level percobaan. Adapun data hasil replikasi sebagaimana di tunjukan pada lampiran 7A dan tabel 4.14 di bawah ini:

Tabel 4.14 Data amplitudo getaran (rms) hasil replikasi 5 kali pengulangan dengan *cross feed* 5,3 mm/langkah dan kedalaman potong 0,01 mm pada batu gerinda A46QV

Percob.	Amplitudo rms	Amplitudo (g.rms)	Ra max. arah sumbu z (μm)
	Sumbu z (B) (m/s^2)	Sumbu z (B) (g.rms)	
data awal	64,6336	6,5885	0,50
data ulang 1	66,0886	6,7369	0,52
data ulang 2	57,7132	5,8831	0,47
data ulang 3	61,6780	6,2873	0,49
data ulang 4	58,7833	5,9922	0,47

Grafik di bawah ini merupakan hasil dari persamaan huungan antara amplitudo getaran dan kekasaran pada *cross feed* 5,3 mm/langkah dengan kedalaman 0,01 mm pada batu gerinda A46QV. Adapun grafiknya sebagai berikut :



Gambar 4.27 Grafik persamaan hubungan amplitudo dengan kekasaran permukaan

Tabel 4.15 Pembuktian Rumus Persamaan terhadap hasil ukur kekasaran permukaan

Hasil persamaan prediktor			
Rumus Persamaan		x=ampl. (g.rms)	Ra rumus persamaan (μm)
0,0973	0,1263	6,7369	0,529
0,0973	0,1263	7,8914	0,642
0,0973	0,1263	10,0710	0,854
0,0973	0,1263	12,6137	1,101
0,0973	0,1263	14,4215	1,28

Tabel 4.16 Pembuktian Rumus Persamaan terhadap kekasaran permukaan hasil replikasi 5 kali pengulangan dengan parameter yang sama.

Validasi data replikasi dengan persamaan prediktor			
Rumus persamaan		x=ampl (g.rms)	Ra rumus persamaan (μm)
0,0973	0,1263	6,5885	0,515
0,0973	0,1263	6,7369	0,529
0,0973	0,1263	5,8831	0,446
0,0973	0,1263	6,2873	0,485
0,0973	0,1263	5,9922	0,457



Validasi uji T dan uji anova (analisa varian) dengan menggunakan software minitab untuk mencari pengaruh signifikan terhadap hasil pengukuran amplitudo getaran dan kekasaran permukaan sebagai berikut :

Uji one sample t terhadap nilai ukur kekasaran permukaan yang di lakukan 5 kali pengulangan adalah sebagai berikut:

One-Sample T: Ra replikasi 5x

Test of $\mu = 0.5$ vs not = 0.5

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Ra replikasi 5x	4	0.4900	0.0216	0.0108	(0.4556, 0.5244)	-0.93	0.423

Hipotesa

H0: tidak ada pengaruh signifikan ($\mu_1 = \mu_2$) artinya 0,50 μm sama dengan 0,52 μm ; 0,47 μm ; 0,49 μm ; 0,47 μm

H1: ada pengaruh signifikan ($\mu_1 \neq \mu_2$) artinya 0,50 μm tidak sama dengan 0,52 μm ; 0,47 μm ; 0,49 μm ; 0,47 μm

Hasil P – Value yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 gagal ditolak

Hasil P – Value yang lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 di tolak

Hasil minitab menunjukan Pvalue = 0,423 artinya nilai Pvalue lebih besar dari alfa (α) sehingga H0 gagal ditolak jadi kesimpulanya pengulangan percobaan 5 kali yang menunjukan nilai kekasaran sebesar 0,50 μm ; 0,52 μm ; 0,47 μm ; 0,49 μm ; 0,47 μm pada *cross feed* 5,3 mm/langkah dengan kedalaman 0,01 mm pada batu gerinda tipe A46QV tidak ada pengaruh secara signifikan.

Uji one sample t terhadap nilai ukur amplitudo getaran yang di lakukan 5 kali pengulangan adalah sebagai berikut:

One-Sample T: Amplitudo replikasi 5x

Test of $\mu = 6.5885$ vs not = 6.5885

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Ampl.repl.5x	4	6.225	0.382	0.191	(5.618, 6.832)	-1.91	0.153



Hipotesa

H0: tidak ada pengaruh signifikan ($\mu_1 = \mu_2$) artinya 6,5885(g.rms) sama dengan 6,7369(g.rms); 5,8831(g.rms); 6,2873(g.rms); 5,9922(g.rms)

H1: ada pengaruh signifikan ($\mu_1 \neq \mu_2$) artinya 6,5885(g.rms) tidak sama dengan 6,7369(g.rms); 5,8831(g.rms); 6,2873(g.rms); 5,9922(g.rms)

Hasil P – Value yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 gagal ditolak

Hasil P – Value yang lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 di tolak

Hasil minitab menunjukan Pvalue = 0,153 artinya nilai Pvalue lebih besar dari alfa (α) sehingga H0 gagal ditolak jadi kesimpulanya pengulangan percobaan 5 kali yang menunjukan nilai amplitudo getaran (g.rms) sebesar 6,5885(g.rms); 6,7369(g.rms); 5,8831(g.rms); 6,2873(g.rms); 5,9922(g.rms) pada *cross feed* 5,3 mm/langkah dengan kedalaman 0,01 mm pada batu gerinda tipe A46QV tidak ada pengaruh secara signifikan.

Uji t two sample bertujuan untuk mengetahui apakah hasil dari nilai kekasaran permukaan yang di dapat dari persamaan dan dari hasil ukur memiliki perbedaan yang signifikan. Adapun hasil konfirmasi uji t dua sample adalah sebagai berikut :

Tabel 4.17 Hasil kekasaran permukaan (Ra) persamaan dan kekasaran permukaan (Ra) ukur dengan *cross feed* 5,3 mm/langkah dan kedalaman potong 0,01 mm pada batu gerinda A46QV.

Ra persamaan (μm)	Ra ukur (μm)
0,515	0,50
0,529	0,52
0,446	0,47
0,485	0,49
0,457	0,47



Hasil dari tabel 4.17 di masukan pada software minitab untuk uji two sample t yang bertujuan mencari konfirmasi apakah ada perbedaan hasil persamaan dengan hasil ukur.

Two-Sample T-Test and CI: Ra pers.. Ra riil

Two-sample T for Ra pers. vs Ra riil

	N	Mean	StDev	SE Mean
Ra pers.5	0.4865	0.0358	0.016	
Ra riil	5	0.4900	0.0212	0.0095

Difference = mu (Ra pers.) - mu (Ra riil)
Estimate for difference: -0.0035
95% CI for difference: (-0.0465, 0.0394)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.19 P-Value = 0.854
DF = 8
Both use Pooled StDev = 0.0295

Hipotesa

H0: tidak ada pengaruh signifikan ($\mu_1 = \mu_2$) artinya Ra pers, sama dengan Ra ukur

H1: ada pengaruh signifikan ($\mu_1 \neq \mu_2$) artinya Ra pers tidak sama dengan Ra ukur

Hasil P – Value yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 gagal ditolak

Hasil P – Value yang lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 di tolak

Hasil minitab menunjukan Pvalue = 0,854 artinya nilai Pvalue lebih besar dari alfa (α) sehingga H0 gagal ditolak jadi kesimpulanya pengulangan percobaan 5 kali yang menunjukan nilai kekasaran permukaan (Ra pers dengan Ra ukur)pada *cross feed* 5,3 mm/langkah dengan kedalaman 0,01 pada batu gerinda tipe A46QV tidak ada pengaruh secara signifikan.

4.10 Uji konfirmasi kesalahan dalam pengambilan data

Dalam pengambilan data dengan parameter yang sama perlu di perhatikan tingkat kesalahan dalam proses pengukuran. Replikasi hasil pengukuran amplitudo getaran dan kekasaran permukaan sebanyak 3 kali pengulangan pada batu gerinda tipe A80LV*cross feed* 5,3mm/langkah dengan kedalaman 0,01 mm 0,02 mm dan 0,03 mm bertujuan untuk mencari pengaruh signifikan dalam proses pengambilan data. Adapun data sebagai berikut :



Tabel 4.18 Data replikasi 3x pengulangan dengan *cross feed* 5,3 mm/langkah dan kedalaman potong 0,01 mm; 0,02 mm dan 0,03 mm pada gerinda tipe A80LV.

Keterangan	Cross Feed (mm/langkah)	level	Kedalaman Potong (a) mm	Amplitudo rms	Ra max, arah sumbu x
				Sumbu x (A) m/s^2	
data awal	5,3	level 1	0,01	51,6944	0,33
data ulang 1			0,01	52,5584	0,30
data ulang 2			0,01	49,2532	0,37
data awal		level 2	0,02	64,7107	0,43
data ulang 1			0,02	69,5497	0,38
data ulang 2			0,02	63,3498	0,43
data awal		level 3	0,03	80,7313	0,52
data ulang 1			0,03	75,5569	0,55
data ulang 2			0,03	79,8988	0,49

Dengan menggunakan software minitab apakah nilai data ulang 1 dan 2 sama dengan data awal.

Tabel 4.19 data hasil replikasi pada tabel 4.18 dalam layar software minitab untuk uji t satu sample.

C1	C2	C3	C4	C5	C6
ampl a =0.01	ampl a=0.02	ampl a = 0.03	Ra a=0.01	Ra a=0.02	Ra a=0.03
52.5584	69.5497	75.5569	0.30	0.38	0.55
49.2532	63.3498	79.8988	0.37	0.43	0.49

Hasil minitab menunjukan hasil sebagai berikut:

Results for: Worksheet 2

One-Sample T: ampl a =0.01

Test of mu = 51.6943 vs not = 51.6943

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
ampl a =0.01	2	50.91	2.34	1.65	(29.91, 71.90)	-0.48	0.717

Hipotesa



H0: tidak ada pengaruh signifikan ($\mu_1 = \mu_2$) artinya 52,5584 sama dengan 49,2532

H1: ada pengaruh signifikan ($\mu_1 \neq \mu_2$) artinya 52,5584 tidak sama dengan 49,2532

hasil P – Value yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 gagal ditolak

hasil P – Value yang lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 di tolak

Hasil minitab menunjukan Pvalue = 0,717 artinya nilai Pvalue lebih besar dari alfa sehingga H0 gagal ditolak jadi kesimpulanya pengulangan percobaan 3 kali yang menunjukan nilai amplitude sebesar 51,6944; 52,5584; 49,2532 pada kedalaman 0,01 tidak ada pengaruh secara signifikan.

One-Sample T: ampl a=0.02

Test of mu = 64.7106 vs not = 64.7106

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
ampl a=0.02	2	66.45	4.38	3.10	(27.06. 105.84)	0.56	0.675

One-Sample T: ampl a = 0.03

Test of mu = 80.7312 vs not = 80.7312

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
ampl a = 0.03	2	77.73	3.07	2.17	(50.14. 105.31)	-1.38	0.398

One-Sample T: Ra a=0.01

Test of mu = 0.33 vs not = 0.33

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Ra a=0.01	2	0.3350	0.0495	0.0350	(-0.1097. 0.7797)	0.14	0.910

One-Sample T: Ra a=0.02

Test of mu = 0.43 vs not = 0.43

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Ra a=0.02	2	0.4050	0.0354	0.0250	(0.0873. 0.7227)	-1.00	0.500

One-Sample T: Ra a=0.03

Test of mu = 0.52 vs not = 0.52



Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Ra a=0.03	2	0.5200	0.0424	0.0300	(0.1388, 0.9012)	0.00	1.000

Analisis of varian (ANOVA)

Tujuan : mencari pengaruh signifikan antara variabel proses dengan respon.

One-way ANOVA: Ra versus a

Source	DF	SS	MS	F	P
a	2	0.052622	0.026311	26.61	0.001
Error	6	0.005933	0.000989		
Total	8	0.058556			

S = 0.03145 R-Sq = 89.87% R-Sq(adj) = 86.49%

Hipotesa

H0: tidak ada pengaruh signifikan ($\mu_1 = \mu_2$)

H1: ada pengaruh signifikan ($\mu_1 \neq \mu_2$)

hasil P – Value yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 gagal ditolak

hasil P – Value yang lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 di tolak

Hasil minitab menunjukan bahwa Pvalue = 0,001 artinya nilai Pvalue lebih kecil dari alfa (0,05) sehingga H0 ditolak jadi kesimpulanya pengulangan percobaan 3 kali pada kedalaman 0,01 mm 0,02 mm 0,03 mm menghasilkan nilai kekasaran secara signifikan.

One-way ANOVA: Amp versus a

Source	DF	SS	MS	F	P
a	2	1141.06	570.53	80.45	0.000
Error	6	42.55	7.09		
Total	8	1183.61			

S = 2.663 R-Sq = 96.40% R-Sq(adj) = 95.21%

Hipotesa



H0: tidak ada pengaruh signifikan ($\mu_1 = \mu_2$)

H1: ada pengaruh signifikan ($\mu_1 \neq \mu_2$)

hasil P – Value yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 gagal ditolak

hasil P – Value yang lebih kecil dari nilai $\alpha = 0,05$ maka H0 di tolak

Hasil minitab menunjukan bahwa Pvalue = 0,000 artinya nilai Pvalue lebih kecil dari alfa (0,05) sehingga H0 ditolak jadi kesimpulanya pengulangan percobaan 3 kali pada kedalaman 0,01 mm; 0,02 mm; 0,03 mm menghasilkan nilai amplitudo secara signifikan.

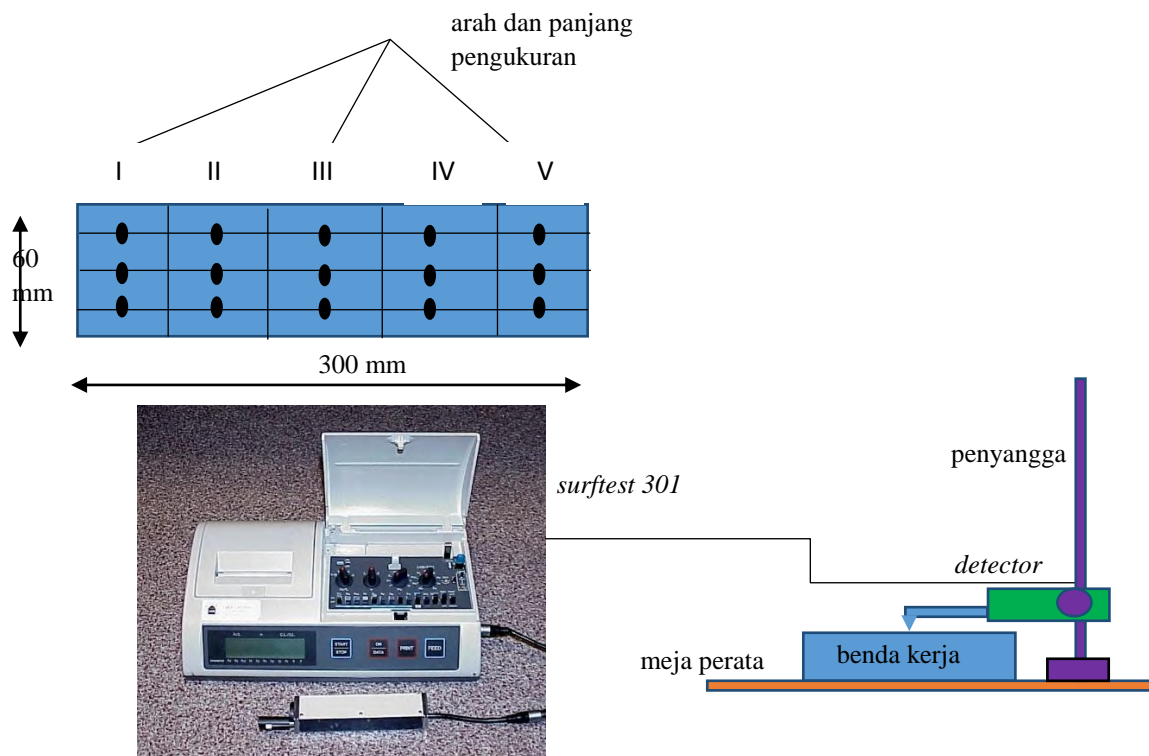


LAMPIRAN TESIS

Lampiran 1A.

A. Cara Pengukuran Kekasaran Permukaan

Cara mengukur kekasaran permukaan sebagaimana di jelaskan gambar di bawah ini, dimana setelah melakukan pengukuran etaran maka langkah selanjutnya adalah mengukur kekasaran permukaan sebagaimana bisa di lihat penjelasannya mengenai langkah-langkah dalam mengukur kekasaran pada halaman 45 dalam sub bab 3.7 .



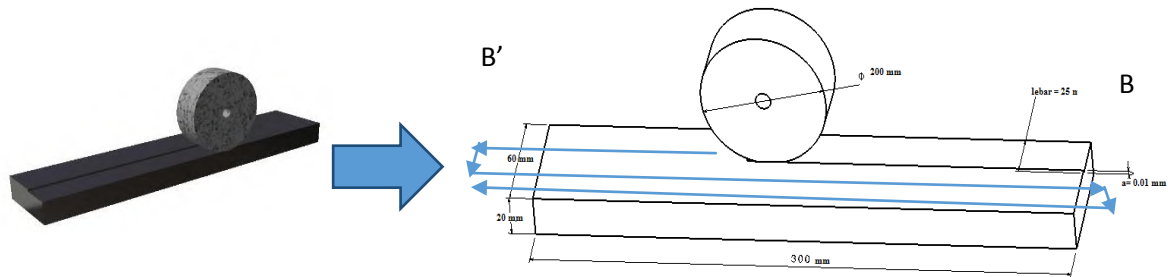
Gambar Skema pengukuran kekasaran permukaan



Lampiran 2A .

B. Proses Pemotongan Arah *Cross Feed*

Proses pemotongan *cross feed* pada gerinda datar sebagaimana di jelaskan pada gambar di bawah ini:



Gambar Proses pemotongan *cross*

Padagambar tersebut menjelaskan bahwa pemotongan terjadi di saat benda kerja dan batu gerinda bersentuhan. Prinsip dari *cross feed* adalah ketika batu gerinda berada pada posisi B menuju B' maka batu gerinda akan bergeser sesuai dengan *cross feed* (mm/langkah) dimana semakin besar *cross feed* maka semakin lebar pergeseran (over lap) batu gerinda tersebut.



Lampiran 3A

DATA HASIL PENGUKURAN GETARAN PADA BATU GERINDA TIPE A80LV

Percob.	Cross Feed mm/stroke	Kedalaman Potong mm	Amplitudorms		Sumbu x (A) g.rms	Sumbu z (B) g.rms	Amplitudo peak		Amplitudo peak to peak		Ra max. arahsumbu x	Ra max. arahsumbu z
			Sumbu x (A)	Sumbu z (B)			Sumbu x (A)	Sumbu z (B)	Sumbu x (A)	Sumbu z (B)		
			m/s ²	m/s ²			m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²		
1	5.3	a = 0.01	51.7744	49.9364	5.2777	5.0904	183.7417	188.1417	385.2292	374.6587	0.33	0.36
2		a = 0.02	67.2797	62.9316	6.8583	6.4150	286.0418	266.6726	551.6894	521.3929	0.43	0.40
3		a= 0.03	80.7313	71.0434	8.2295	7.2419	346.4123	337.6609	706.9397	696.1028	0.52	0.48
4	6.8	a = 0.01	69.2216	64.1930	7.0562	6.5436	242.8280	246.7232	508.3261	495.8639	0.55	0.53
5		a = 0.02	82.7839	80.5347	8.4387	8.2095	339.6239	316.7831	663.9207	621.2562	0.63	0.64
6		a = 0.03	93.7527	97.4917	9.5568	9.9380	385.3925	403.2435	768.3192	802.7351	0.71	0.74
7	8.4	a = 0.01	84.7740	81.8172	8.6416	8.3402	297.4235	291.2057	612.6111	618.4615	0.67	0.69
8		a = 0.02	105.1061	97.2668	10.7142	9.9151	427.7960	360.5500	839.9650	711.6427	0.78	0.81
9		a= 0.03	121.6200	119.6836	12.3976	12.2002	459.7460	454.2341	926.7059	919.6951	0.89	0.98
10	9.9	a = 0.01	99.0423	90.9257	10.0961	9.2687	337.6735	325.4557	699.7211	698.9615	0.76	0.73
11		a = 0.02	139.9535	117.6786	14.2664	13.0958	492.2763	432.9695	977.4837	871.2961	1.05	1.05
12		a= 0.03	157.1478	144.7159	16.0191	14.7519	577.0734	531.1888	1149.1184	1067.6767	1.19	1.16
13	11.7	a = 0.01	122.3224	125.1325	12.4692	12.7556	422.4194	414.0373	940.5549	919.7937	0.96	0.99
14		a = 0.02	169.8519	153.0171	17.3142	15.5981	586.2794	561.3089	1233.1226	1116.4914	1.35	1.22
15		a= 0.03	191.5474	179.3473	19.5257	18.2821	650.0344	592.1781	1313.6166	1260.1603	1.41	1.42

Keterangan: menggunakan batugrind tipe A80LV

Lampiran 3B

DATA HASIL PENGUKURAN GETARAN PADA BATU GERINDA TIPE A46QV

Percobaan	Kecepatan	Kedalaman	Amplitudorms				Amplitudo peak		Amplitudo peak to peak		Ra max. arahsumbu x	Ra max. arahsumbu z
	Cross Feed mm/stroke	Potong mm	Sumbu x (A)	Sumbu z (B)	Sumbu x (A)	Sumbu z (B)	Sumbu x (A)	Sumbu z (B)	Sumbu x (A)	Sumbu z (B)		
			m/s ²	m/s ²	g.rms	g.rms	m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²		
1	5.3	a = 0.01	59.0126	66.0886	6.0156	6.7369	226.3021	248.0093	444.0901	500.7280	0.42	0.52
2		a = 0.02	84.1339	92.8872	8.5763	9.4686	308.4475	363.4607	634.4849	697.0601	0.48	0.56
3		a = 0.03	95.7906	97.4917	9.7646	9.9380	367.6059	385.6673	792.9973	798.8574	0.57	0.63
4	6.8	a = 0.01	80.9444	77.4146	8.2512	7.8914	286.1579	285.7904	576.3288	583.0529	0.56	0.65
5		a = 0.02	99.1312	102.2610	10.1051	10.4242	390.3340	416.0178	781.6736	829.7147	0.59	0.79
6		a = 0.03	116.9088	109.6422	11.9173	11.1766	444.4285	455.4558	897.2433	884.3638	0.68	0.85
7	8.4	a = 0.01	92.5755	98.7965	9.4368	10.0710	379.1070	387.2589	737.5876	736.9062	0.68	0.86
8		a = 0.02	127.1054	120.1408	12.9567	12.2468	486.5612	505.3696	994.0098	983.2180	0.85	0.99
9		a = 0.03	152.0381	130.5555	15.4983	13.3084	565.8561	542.1204	1109.5257	1023.6316	0.99	1.04
10	9.9	a = 0.01	113.5794	123.7404	11.5779	12.6137	457.7055	452.4160	896.5738	904.6085	0.96	1.09
11		a = 0.02	155.7244	146.5603	15.8741	14.9399	577.8374	590.1916	1123.7441	1098.8725	1.15	1.23
12		a = 0.03	172.7007	158.7998	17.6046	16.1875	664.8200	625.2651	1266.5500	1158.4307	1.25	1.29
13	11.7	a = 0.01	149.1413	141.4752	15.2030	14.4215	523.4623	527.5431	1056.5948	1015.5248	1.23	1.28
14		a = 0.02	174.6126	176.1484	17.7995	17.9560	626.5457	664.8836	1228.7324	1187.5571	1.35	1.36
15		a = 0.03	197.8513	183.9620	20.1683	18.7525	765.0811	690.0388	1359.3272	1291.3464	1.48	1.47

Keterangan: menggunakan batugrind tipe A46QV



Lampiran 4A.1

Data kekasaran permukaan pada kedalaman potong 0.01 mm pada batubara tipe A80LV

Data Hasil Pengukuran Hasil Pengujian Mesin Frais 3-Axis 2000															
PENGUKURAN KE	Posisi	cross feed (mm/langkah)										Cross Feed mm/langkah	kedalaman potong	Ra max. arahsumbu x	Ra max. arahsumbu z
		5.3		6.8		8.4		9.9		11.7					
		sb x	sb z	sb x	sb z	sb x	sb z	sb x	sb z	sb x	sb z				
1	I	0.30	0.24	0.44	0.49	0.64	0.51	0.63	0.71	0.83	0.93	5.3	a = 0.01	0.33	0.36
2		0.23	0.35	0.53	0.36	0.66	0.45	0.75	0.55	0.82	0.73				
3		0.25	0.26	0.44	0.39	0.56	0.66	0.69	0.69	0.85	0.84				
4	II	0.28	0.36	0.35	0.49	0.55	0.51	0.60	0.66	0.76	0.97	6.8	a = 0.01	0.55	0.53
5		0.25	0.29	0.49	0.37	0.67	0.69	0.71	0.57	0.96	0.86				
6		0.23	0.25	0.52	0.53	0.58	0.47	0.56	0.66	0.89	0.91				
7	III	0.24	0.32	0.39	0.34	0.45	0.63	0.67	0.72	0.73	0.85	8.4	a = 0.01	0.67	0.69
8		0.31	0.22	0.37	0.48	0.55	0.44	0.54	0.58	0.85	0.95				
9		0.27	0.23	0.49	0.50	0.54	0.55	0.56	0.63	0.66	0.79				
10	IV	0.23	0.29	0.35	0.41	0.67	0.42	0.70	0.52	0.78	0.76	9.9	a = 0.01	0.76	0.73
11		0.31	0.32	0.53	0.43	0.58	0.59	0.63	0.53	0.71	0.89				
12		0.25	0.23	0.42	0.45	0.66	0.56	0.76	0.73	0.87	0.99				
13	V	0.33	0.27	0.55	0.44	0.64	0.64	0.70	0.52	0.79	0.67	11.7	a = 0.01	0.96	0.99
14		0.29	0.26	0.42	0.36	0.51	0.56	0.64	0.61	0.74	0.83				
15		0.26	0.31	0.47	0.41	0.52	0.50	0.67	0.63	0.83	0.89				
max		0.33	0.36	0.55	0.53	0.67	0.69	0.76	0.73	0.96	0.99				

Lampiran 4A.2

Data kekasaran permukaan pada kedalaman potong 0.02 mm pada batubara tipe A80LV

Data Keasiran dan Potongan pada Material Log 0.02 mm pada Berenda B A80EV															
PENGUKURAN KE	Posisi	cross feed (mm/langkah)										Cross Feed mm/langkah	kedalaman potong	Ra max. arah sumbu x	Ra max. arah sumbu z
		5.3		6.8		8.4		9.9		11.7					
		sb x	sb z	sb x	sb z	sb x	sb z	sb x	sb z	sb x	sb z				
1	I	0.39	0.35	0.52	0.55	0.75	0.63	1.04	1.03	1.10	1.12	5.3	a = 0.02	0.43	0.40
2		0.41	0.39	0.60	0.47	0.77	0.57	0.89	0.87	1.21	1.05				
3		0.35	0.32	0.52	0.50	0.67	0.78	1.00	1.00	1.24	1.07				
4	II	0.38	0.40	0.58	0.60	0.66	0.63	0.96	0.98	1.15	1.20	6.8	a = 0.02	0.63	0.64
5		0.35	0.33	0.57	0.48	0.78	0.81	0.92	0.89	1.35	1.09				
6		0.33	0.35	0.59	0.64	0.69	0.59	1.05	1.03	1.28	1.14				
7	III	0.34	0.36	0.47	0.55	0.56	0.65	1.02	1.01	1.12	1.08	8.4	a = 0.02	0.78	0.81
8		0.39	0.29	0.55	0.49	0.66	0.56	0.89	0.84	1.24	0.91				
9		0.37	0.36	0.53	0.61	0.65	0.67	0.98	0.95	1.05	1.02				
10	IV	0.34	0.33	0.43	0.52	0.78	0.53	0.79	0.72	1.17	1.09	9.9	a = 0.02	1.05	1.05
11		0.41	0.36	0.53	0.54	0.69	0.67	0.82	0.85	1.10	1.12				
12		0.35	0.33	0.50	0.56	0.77	0.68	1.05	1.05	1.26	1.22				
13	V	0.43	0.35	0.63	0.45	0.75	0.46	0.89	0.84	1.18	1.01	11.7	a = 0.02	1.35	1.22
14		0.39	0.31	0.50	0.47	0.62	0.68	0.96	0.93	1.13	1.06				
15		0.36	0.37	0.59	0.62	0.63	0.52	0.92	0.99	1.22	0.95				
Ra max.		0.43	0.40	0.63	0.64	0.78	0.81	1.05	1.05	1.35	1.22				



Lampiran 4A.3

Data kekasaran permukaan pada kedalaman potong 0.03 mm pada batangan tipe A80LV

PENGUKURAN KE	Posisi	Kecepatan cross feed (mm/langkah)										Cross Feed mm/langkah	kedalamanpotong	Ra max. arahsumbu x	Ra max. arahsumbu z
		5.3		6.8		8.4		9.9		11.7					
		sb x	sb z	sb x	sb z	sb x	sb z	sb x	sb z	sb x	sb z				
1	I	0.44	0.33	0.60	0.65	0.86	0.80	1.06	0.99	1.16	1.22	5.3	a = 0.03	0.52	0.48
2		0.32	0.47	0.68	0.47	0.88	0.74	1.18	0.98	1.27	1.06				
3		0.44	0.26	0.60	0.60	0.78	0.95	1.12	0.92	1.30	1.27				
4	II	0.37	0.48	0.51	0.70	0.77	0.80	1.03	1.09	1.21	1.40	6.8	a = 0.03	0.71	0.74
5		0.44	0.41	0.65	0.58	0.89	0.98	1.14	1.00	1.41	1.29				
6		0.42	0.27	0.67	0.74	0.80	0.76	0.99	1.09	1.34	1.34				
7	III	0.33	0.44	0.55	0.55	0.67	0.82	1.10	1.12	1.18	1.28	8.4	a = 0.03	0.89	0.98
8		0.28	0.34	0.53	0.49	0.77	0.73	0.97	0.95	1.30	1.11				
9		0.46	0.35	0.61	0.71	0.76	0.84	0.99	1.06	1.11	1.22				
10	IV	0.33	0.41	0.51	0.62	0.89	0.70	1.13	0.83	1.23	0.99	9.9	a = 0.03	1.19	1.16
11		0.50	0.44	0.61	0.44	0.80	0.84	1.06	0.96	1.16	1.32				
12		0.34	0.25	0.58	0.66	0.88	0.85	1.19	1.16	1.32	1.42				
13	V	0.52	0.33	0.71	0.55	0.86	0.63	1.13	0.95	1.24	1.10	11.7	a = 0.03	1.41	1.42
14		0.48	0.28	0.58	0.57	0.73	0.85	1.07	1.04	1.19	1.26				
15		0.35	0.35	0.57	0.72	0.74	0.69	1.10	0.96	1.28	1.15				
Ra max		0.52	0.48	0.71	0.74	0.89	0.98	1.19	1.16	1.41	1.42				

Lampiran 5A.1

Data kekasaran permukaan pada kedalaman potong 0.01 mm pada batangan tipe A46QV

PENGUKURAN KE	Posisi	cross feed (mm/langkah)										Cross Feed mm/langkah	kedalamanpotong	Ra max. arahsumbu Z	Ra max. arahsumbu X
		5.3		6.8		8.4		9.9		11.7					
		sb Z	sb X	sb Z	sb X	sb Z	sb X	sb Z	sb X	sb Z	sb X				
1	I	0.37	0.34	0.56	0.45	0.68	0.65	0.92	0.83	1.08	0.98	5.3	a = 0.01	0.52	0.42
2		0.51	0.22	0.38	0.53	0.62	0.67	0.91	0.95	0.92	1.09				
3		0.35	0.34	0.51	0.45	0.83	0.57	0.85	0.89	1.13	1.12				
4	II	0.52	0.27	0.61	0.36	0.68	0.56	1.02	0.80	1.26	1.03	6.8	a = 0.01	0.65	0.56
5		0.45	0.34	0.49	0.50	0.86	0.68	0.93	0.91	1.15	1.23				
6		0.31	0.32	0.65	0.52	0.64	0.59	1.02	0.76	1.20	1.16				
7	III	0.48	0.23	0.46	0.40	0.70	0.46	1.05	0.87	1.14	1.00	8.4	a = 0.01	0.86	0.68
8		0.28	0.18	0.40	0.38	0.61	0.56	0.88	0.74	0.97	1.12				
9		0.39	0.36	0.62	0.46	0.72	0.55	0.99	0.76	1.08	0.93				
10	IV	0.45	0.23	0.53	0.36	0.58	0.68	0.76	0.90	0.85	1.05	9.9	a = 0.01	1.09	0.96
11		0.42	0.40	0.35	0.46	0.72	0.59	0.89	0.83	1.18	0.98				
12		0.29	0.24	0.57	0.43	0.73	0.67	1.09	0.96	1.28	1.14				
13	V	0.37	0.42	0.46	0.56	0.51	0.65	0.88	0.90	0.96	1.06	11.7	a = 0.01	1.28	1.23
14		0.32	0.38	0.48	0.43	0.73	0.52	0.97	0.84	1.12	1.01				
15		0.39	0.25	0.63	0.42	0.57	0.53	0.89	0.87	1.01	1.10				
max		0.52	0.42	0.65	0.56	0.86	0.68	1.09	0.96	1.28	1.23				



Lampiran 5A.2

Data kekasaran permukaan pada kedalaman potong 0.02 mm pada batangan tipe A46QV

PENGUKUR AN KE	Posisi	Kecepatan cross feed (mm/langkah)										Cross Feed (mm/langkah)	kedalaman potong	Ra max. arahsum bu z	Ra max. arahsum bu x
		5.3		6.8		8.4		9.9		11.7					
		sb Z	sb X	sb Z	sb X	sb Z	sb X	sb Z	sb X	sb Z	sb X				
1	I	0.34	0.45	0.50	0.66	0.67	0.86	0.98	0.98	1.15	1.11	5.3	a = 0.02	0.48	0.56
2		0.47	0.53	0.58	0.78	0.61	0.98	0.97	1.09	0.99	1.22				
3		0.36	0.45	0.48	0.72	0.82	0.92	0.91	1.12	1.20	1.25				
4	II	0.48	0.36	0.39	0.63	0.67	0.83	1.08	1.03	1.33	1.16	6.8	a = 0.02	0.59	0.79
5		0.41	0.50	0.53	0.74	0.85	0.94	0.99	1.23	1.22	1.36				
6		0.37	0.52	0.56	0.59	0.63	0.79	1.08	1.16	1.27	1.29				
7	III	0.44	0.40	0.43	0.70	0.69	0.90	1.11	1.00	1.21	1.13	8.4	a = 0.02	0.85	0.99
8		0.34	0.38	0.41	0.57	0.60	0.77	0.94	1.12	1.04	1.25				
9		0.35	0.46	0.53	0.59	0.71	0.79	1.05	0.93	1.15	1.06				
10	IV	0.41	0.36	0.39	0.73	0.57	0.93	0.82	1.05	0.92	1.18	9.9	a = 0.02	1.15	1.23
11		0.44	0.46	0.57	0.66	0.71	0.86	0.95	0.98	1.25	1.11				
12		0.35	0.43	0.46	0.79	0.72	0.99	1.15	1.14	1.35	1.27				
13	V	0.33	0.56	0.59	0.73	0.50	0.93	0.94	1.06	1.03	1.19	11.7	a = 0.02	1.35	1.36
14		0.38	0.43	0.46	0.67	0.72	0.87	1.03	1.01	1.19	1.14				
15		0.35	0.42	0.51	0.70	0.56	0.90	0.95	1.10	1.08	1.23				
Ra max		0.48	0.56	0.59	0.79	0.85	0.99	1.15	1.23	1.35	1.36				

□

Lampiran 5A.3

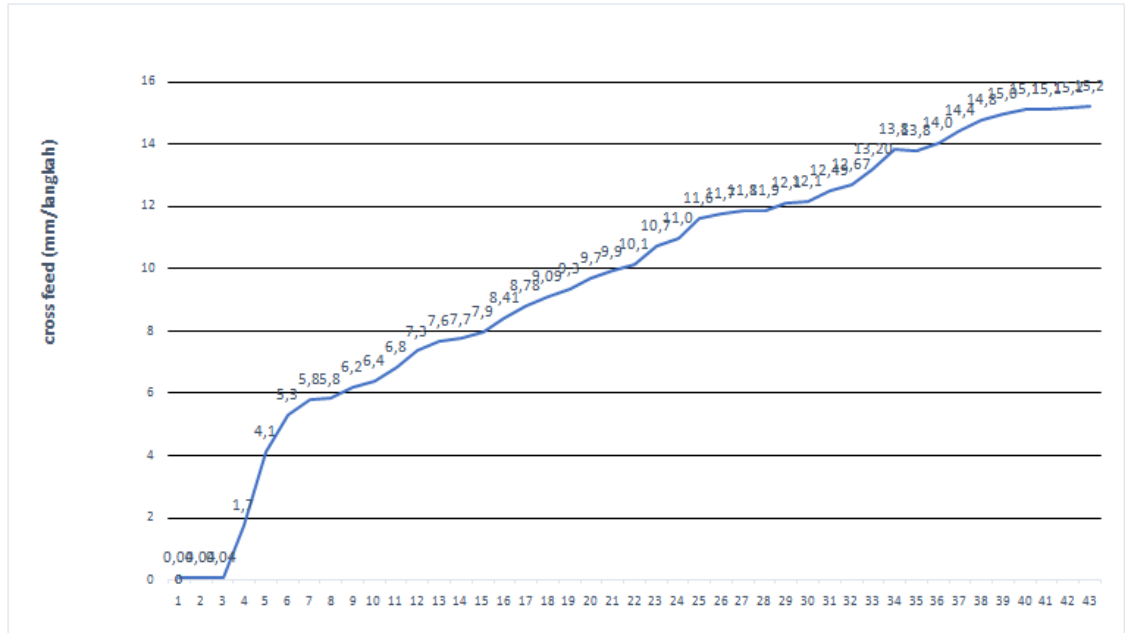
Data kekasaran permukaan pada kedalaman potong 0.03 mm pada batangan tipe A46QV

PENGUKURAN KE	Posisi	Kecepatan cross feed (mm/langkah)										Cross Feed mm/langkah	kedalamanpotong	Ra max. arahsumbu z	Ra max. arahsumbu x
		5.3		6.8		8.4		9.9		11.7					
		sb Z	sb X	sb Z	sb X	sb Z	sb X	sb Z	sb X	sb Z	sb X				
1	I	0.42	0.60	0.59	0.67	0.86	0.87	1.05	1.09	1.27	1.22	5.3	a = 0.03	0.57	0.63
2		0.56	0.62	0.41	0.61	0.98	0.86	0.89	0.93	1.11	1.33				
3		0.35	0.52	0.54	0.82	0.92	0.80	1.10	1.14	1.32	1.36				
4	II	0.57	0.51	0.64	0.67	0.83	0.97	1.23	1.27	1.45	1.27	6.8	a = 0.03	0.68	0.85
5		0.50	0.63	0.52	0.85	0.94	0.88	1.12	1.16	1.34	1.47				
6		0.36	0.54	0.68	0.63	0.79	0.97	1.17	1.21	1.39	1.40				
7	III	0.53	0.41	0.49	0.69	0.90	1.00	1.11	1.15	1.33	1.24	8.4	a = 0.03	0.99	1.04
8		0.33	0.51	0.43	0.60	0.77	0.83	0.94	0.98	1.16	1.36				
9		0.44	0.50	0.65	0.71	0.79	0.94	1.05	1.09	1.27	1.17				
10	IV	0.50	0.63	0.56	0.57	0.93	0.71	0.82	0.86	1.04	1.29	9.9	a = 0.03	1.25	1.29
11		0.53	0.54	0.38	0.71	0.86	0.84	1.15	1.19	1.37	1.22				
12		0.34	0.62	0.60	0.72	0.99	1.04	1.25	1.29	1.48	1.38				
13	V	0.42	0.60	0.49	0.50	0.93	0.83	0.93	0.97	1.15	1.30	11.7	a = 0.03	1.48	1.47
14		0.37	0.47	0.51	0.72	0.87	0.92	1.09	1.13	1.31	1.25				
15		0.44	0.48	0.66	0.56	0.90	0.84	0.98	1.02	1.20	1.34				
Ra max		0.57	0.63	0.68	0.85	0.99	1.04	1.25	1.29	1.48	1.47				



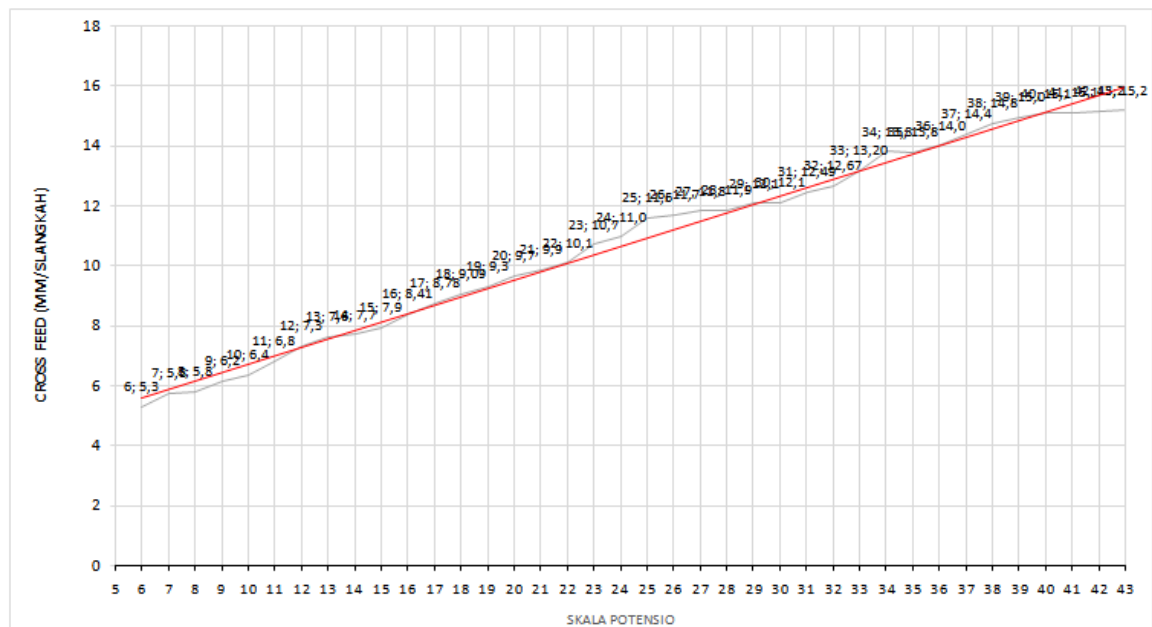
Lampiran 2A.1

Parameter *cross feed* dan skala potensi 0 sampai 43



Lampiran 2A.2

Parameter *cross feed* dan skala potensi 6 sampai 43





Lampiran 2A.3

Tabel parameter cross feed pada mesin datar type KGS818AHD



skala tombol potensiometer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
jumlah sample	jumlah garis skala														
1	2	2	2	86	190	238	280	290	310	325	345	374	390	365	395
2	2	2	2	92	220	269	285	289	310	315	322	363	388	391	391
3	2	2	2	80	212	277	297	282	307	315	340	369	373	398	397
4	2	2	2	84	196	272	288	292	308	321	350	358	381	390	406
5	2	2	2	92	205	268	291	297	310	319	351	369	376	387	397
rata-rata sample	2	2	2	86.8	205	265	288	290	309	319	342	367	382	386	397
rata-rata sample di kalikan konversi 0,02 (mm/stroke)	0.04	0.04	0.04	1.7	4.1	5.3	5.8	5.8	6.2	6.4	6.8	7.3	7.6	7.7	7.9
parameter di pilih (mm/stroke)		0.04		2		5									8

□

Lampiran lanjutan 2A.3

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
jumlah garis skala														
415	432	451	477	486	490	505	521	549	575	585	595	592	605	606
425	440	453	462	485	500	515	532	535	590	590	592	593	604	607
415	434	450	470	484	486	500	550	550	579	583	593	592	605	606
432	448	451	460	480	485	505	537	560	582	588	591	595	607	608
416	440	467	467	489	485	502	540	550	580	586	590	596	604	608
420.6	438.8	454.4	467.2	484.8	495	505.4	536	548.8	581.2	586.4	592.2	593.6	605	607
8.41	8.78	9.09	9.3	9.7	9.9	10.1	10.7	11.0	11.6	11.7	11.8	11.9	12.1	12.1
				10				11					12	



31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43		
jumlah garis skala														
622	637	660	688	688	700	715	740	745	750	754	755	760		
624	632	658	690	690	702	720	738	748	756	754	756	758		
626	634	662	688	690	702	725	736	750	758	756	758	758		
622	632	658	696	692	704	720	740	752	756	758	762	762		
628	632	662	696	688	700	725	738	745	754	758	760	764		
624.4	633.4	660	691.6	689.6	701.6	721	738.4	748	754.8	756	758.2	760.4		
12.49	12.67	13.20	13.8	13.8	14.0	14.4	14.8	15.0	15.1	15.1	15.2	15.2		



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tipe batu gerinda *A46QV* memiliki pengaruh lebih besar di bandingkan dengan tipe batu gerinda *A80LV* terhadap besarnya getaran dan kekasaran permukaan.
2. Besarnya amplitudo getaran tipe batu gerinda *A46QV* adalah 6,7369 grms merupakan nilai terendah dari parameter *cross feed* 5,3 mm/langkah dengan kedalaman potong 0,01 mm, sedangkan besar amplitudo getaran tertinggi adalah 18,7525 g.rms dari parameter *cross feed* 11,7 mm/langkah dengan kedalaman potong 0,03 mm.
3. Besarnya amplitudo getaran tipe batu gerinda *A80LV* adalah 5,0904 g.rms merupakan nilai terendah dari parameter *cross feed* 5,3 mm/langkah dengan kedalaman potong 0,01 mm, sedangkan untuk nilai getaran tertinggi adalah 18,2821 g.rms dari parameter *cross feed* 11,7 mm/langkah dengan kedalaman potong 0,03 mm.
4. Pengaruh hubungan antara amplitudo getaran dengan kekasaran permukaan digambarkan secara linieritas memiliki koefisien determinasi sebesar 99% pada batu gerinda tipe *A46QV* dan tipe *A80LV*.
5. Kekasaran permukaan yang bisa dicapai dengan menggunakan batu gerinda tipe *A46QV* adalah 0,52 μm sampai 1,47 μm dan untuk batu gerinda tipe *A80LV* adalah dari 0,36 μm sampai 1,42 μm .
6. Kekasaran permukaan proporsional dengan amplitudo getaran dan kekasaran permukaan serta kecenderungan linearitas sehingga didapat persamaan yang digunakan sebagai prediksi nilai kekasaran permukaan.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian menggunakan batu gerinda tipe A80LV akan menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih baik dibandingkan dengan batu gerinda tipe A46QV, sehingga disarankan untuk menggunakan batu gerinda dengan ukuran butiran halus untuk menggerinda material yang dikeraskan.
2. Perlunya penambahan variabel *cross feed* agar data hasil pemotongan, getarannya lebih banyak dan akurat dalam memprediksi atau menentukan hubungan amplitudo getaran dengan kekasaran permukaan.
3. Pemilihan parameter *cross feed* 5.3 mm/langkah sangat disarankan untuk mendapatkan tingkat kekasaran permukaan N5 atau 0,4 μm (kategori normal yang mendekati halus)

DAFTAR PUSTAKA

- Bruel, dan Kjaer. (1982), *Measuring Vibration*. Bruel & Kjaer, Denmark.
- Bisono (2014), Pengaruh tipe abrasif dan variabel proses gerinda terhadap gaya potong, integritas permukaan benda kerja (IPBK) dan mode pembentukan geram (MPG) pada proses gerinda permukaan baja perkakas dac yang telah dikeraskan, “Tesis 2014” Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Fathallah, B.B., Fredj, N.B., Sidhom, H., Braham, C. dan Ichida, Y. (2009), “Effects of Abrasive Type, Cooling Mode and Peripheral Grinding Wheel Speed on the AISI D2 Steel Ground Surface Integrity,” *Int. J. of Mach. Tools & Manufacture*, Vol. 49, hal. 261-272.
- Inasaki, I., Karpuschewski, B., dan Lee, H.S. (2011), “Grinding Chatter – Origin and Suppression,” *Manufacturing Technology Annals of The CIRP*, Vol. 50, No. 2, hal. 515-535.
- Kurnia (2015), Studi Eksperimental Pengaruh Longitudinal Feed Pada Proses Gerinda Datar Terhadap Getaran Dan Kekasaran Permukaan Pada Material Hardened Tool Steel OCR12VM, “Tesis 2015” Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Koenigsberger F, Tlustý J.(1970), *Machine Tool Structures*. Volume 1. New York: Pergamon Press.
- Leonesio, M., Parenti, P., Cassinari, A., Bianchi, G., dan Monno, M. (2012), A “Time-Domain Surface Grinding Model for Dynamic Simulation,” *CIRP Conference on Process Machine Interaction (3rd PMI)*, hal 166-171.
- Li dkk. (2006), “Wheel Regenerative Chatter of Surface Grinding,” *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, Vol. 128, hal. 393-403.
- Mobley RK. (1999), *Vibration Fundamentals*. USA: Butterworth-Heinemann.

- Nguyen, T., and Zhang, L. C., (2003), *An Assessment of The Applicability of Cold Air and Oil Mist In Surface Grinding*, Journal of Materials Processing Technology 140: 224-230.
- Rochim T.(1993), Teori dan Teknologi Proses Pemesinan. Institut Teknologi Bandung.
- Schey J.(2000), Introduction to Manufacturing Processes. New York: McGraw Hill..
- Suparno, dan Wahyudianto, FX.A. (2012), Pengaruh *Feeding* dan *Depth Of Cut* Pada Proses *Surface Grinding* Terhadap Kekasaran Permukaan Baja C30, *Seminar Nasional Sains dan Teknik*, hal. T-8 – T10.
- Zaveri K. (1984), *Modal Analysis of Large Structures – Multiple Exciter System*. 1st edition. Bruel & Kjaer.

BIOGRAFI PENULIS



Chairul Anam, lahir di Kabupaten Mojokerto pada tanggal 07 Mei 1982, penulis adalah putra pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Sanadi dan Ibu Asmaniah. Pendidikan dasar ditempuh di SDN 1 Jatijejer Trawas Mojokerto, lulus pada 1995. Pendidikan menengah pertama ditempuh di MTs Salafiyah Mojokerto, lulus pada 1998. Pendidikan menengah atas ditempuh di MAN Mojosari Mojokerto, lulus tahun 2001.

Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Islam Malang (UNISMA) dengan mengambil Jurusan Teknik Mesin. Gelar Sarjana Teknik diperoleh setelah menamatkan pendidikan pada tahun 2007. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tepatnya di Jurusan Fisika Program Beasiswa Dikti Pra Pasca selama dua semester. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tepatnya di Jurusan Teknik Mesin Program Studi Rekayasa dan Sistem Manufaktur. Mulai tahun 2008 sampai sekarang (tahun 2016) masih aktif menjadi dosen di bidang teknik mesin di Politeknik Negeri Banyuwangi. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis dapat melalui email: anam_syifa@yahoo.com. Atau telp.081334533401, terima kasih wassalam...

